Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Zur Reinnervation freier Hauttransplantate im Gesichtsbereich

Eine Klinische Studie

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Dr. med. Dieter Riediger
aus Hohenhaslach

1977

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523707_0085

Aus der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

Zur Reinnervation freier Hauttransplantate im Gesichtsbereich

Eine Klinische Studie

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Dr. med. Dieter Riediger
aus Hohenhaslach

1977

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan : Professor Dr. R. Lempp
1. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. N. Schwenzer
2. Berichterstatter: Professor Dr. W. Adam

Resch-Druck 7402 Kirchentellinsfurt

Diese Arbeit ermöglichten:

Herr Professor Dr. Dr. Norbert Schwenzer,
der die Anregung zu dieser Arbeit gab und
mir das Thema zur Bearbeitung überließ.

Die Patienten

Frau Jungblut und Herr Resch, die mir bei den
Fotoaufnahmen sehr behilflich waren.

Ihnen allen danke ich herzlich.

MEINER FRAU UND MEINEN KINDERN

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung und Problemstellung	1
II.	Der nervöse Endapparat der Haut; Degeneration und Regeneration bei verschiedenen Transplantattypen	
	1. Nervöser Apparat der Haut	3
	2. Über die Physiologie der nervösen Elemente	7
	3. Die gebräuchlichen Transplantatarten	9
	4. Degeneration und Regeneration bei verschiedenen Transplantaten; Verbandstechnik	12
III.	Literaturüberblick	21
	Zeittafel	22
IV.	Eigene Untersuchungen	
	1. Methodik	30
	2. Patientengut	38
	3. Ergebnisse	41
V.	Kasuistik	68
VI.	Diskussion	74
VII.	Zusammenfassung	77
VIII.	Literaturverzeichnis	79

I. Einleitung und Problemstellung

Der Mund-, Kiefer-Gesichtschirurg bedient sich zur intra- und extraoralen Defektdeckung bei Tumoren und Traumen verschiedenster Ätiogenese, häufig freier Hauttransplantate.

Die Aufgabe des Transplantates besteht nicht allein in der einfachen Ersatzfunktion verlorengegangenen Gewebes, sondern es muß funktionell und ästhetisch in hohem Maße den allgemeinen Anforderungen gerecht werden, es muß sozusagen am Empfängerort möglichst dessen spezifische Eigenschaften annehmen können.

Eine wesentliche Eigenschaft ist die Fähigkeit der Reizperzeption und der Reizantwort. Diese jedoch sind wiederum abhängig von der Reinnervation des freien Transplantates, die von großer klinischer und theoretischer Bedeutung ist. Um den Kranken vor Empfindungsstörungen zu schützen, muß man die Dauer der Reinnervation des Transplantates genau kennen.

Insbesondere sind starke Temperaturschwankungen nicht unwesentlich für das Schicksal des Transplantates verantwortlich. Da bisher in der Literatur diesbezügliche Mitteilungen nur sehr spärlich vorhanden sind, wurde der Versuch unternommen, die nervösen Funktionen bei freien Hauttransplantaten mittels klinischer Methoden etwas komplexer zu fassen.

Die vorliegende Arbeit soll an Hand einer 3-jährigen Untersuchungsreihe an der kiefer- und gesichtschirurgischen Abteilung der Universität Tübingen zur Beantwortung folgender Fragen beitragen:

1. Findet eine Reinnervation freier Hauttransplantate statt?

2. Nach welcher Zeit ist das Transplantat in der Lage, Reize wahrzunehmen?

3. Inwieweit entspricht das wiedererlangte sensible Muster dem der Spender- oder dem der Empfängerseite?

II. Der nervöse Endapparat der Haut; Degeneration und Regeneration bei verschiedenen Transplantattypen

1. Nervöser Apparat der Haut

Nerven sowie nervöse Endapparate verschiedenster Bauweise durchziehen alle Schichten der Haut: Sie fungieren als Empfänger der verschiedensten Reizqualitäten, als Empfänger für mechanische Einwirkung, als Schmerz- und Temperaturempfänger.

Beim Versuch,die nervösen Elemente nach rein morphologischen Gesichtspunkten zu ordnen, ergeben sich nach BARGMANN (7) zwei Gruppen:

1. Die sogenannten freien Nervenendigungen.
2. Die nervösen Endorgane, die von Kapseln eingeschlossen sind.

Beide kommen aus den Nervenästen, die sich in der Subcutis ausbreiten.

Nach HENSEL (28) versorgt eine Nervenfaser mehrere Rezeptoren und ein Rezeptor wird von mehreren Nervenfasern versorgt. Nach CAUNA (11) erfolgt im Rahmen einer funktionellen Anpassung teils ein Umbau, teils eine Größenzunahme oder Größenabnahme der Rezeptoren.

Wenngleich eine strenge Spezifität der Rezeptoren nicht vorhanden ist, ist eine Einteilung und Gruppierung der Rezeptoren wie folgt möglich:

a) Druck- und Berührungsrezeptoren (nach BARGMANN) (7)
   - 1a Die Nervenmanschetten der Haare
   - 1b Ein Teil der freien Nervenendigungen in der Epidermis
   - 2 MERKELsche Tastscheiben
   - 3 MEISSNERsche Tastkörperchen
   - 4 VATER-PACINIsche Lammellenkörper

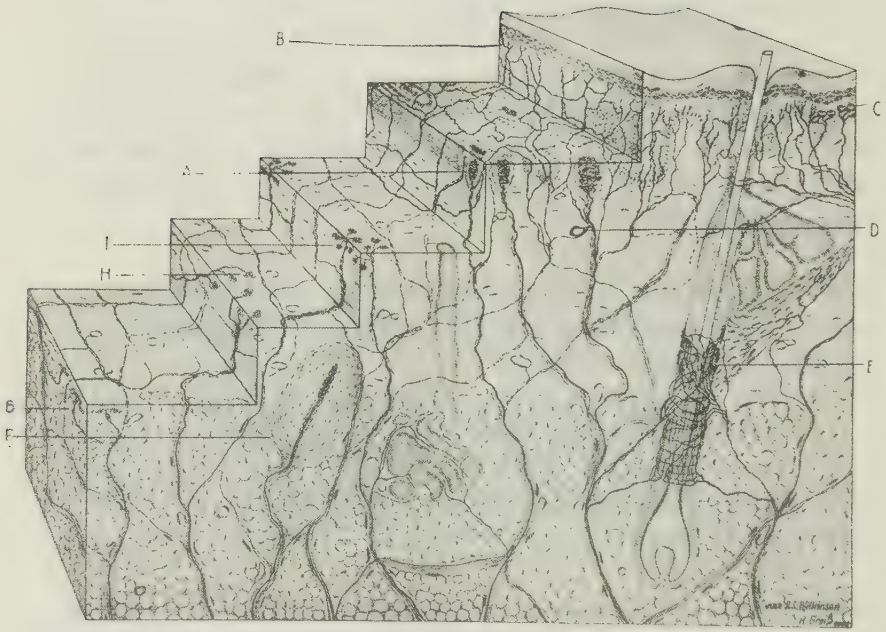


Abb. 1: Innervation der Haut

a) MEISSNERsche Tastkörperchen
b) freie Nervenendigungen
c) MERKELsche Tastscheiben
d) freie Nervenendigungen an Blutgefäßen
e) Haarbalggeflecht
f) PACINIsche Körperchen
g) RUFFINIsche Nervenendigungen
h) und i) Gruppen von KRAUSEschen Endkolben

Aus WEDDEL: Brit. med. Bull. 3, 167 (1945)

Die MERKELschen Tastscheiben liegen in den tiefen Lagen der Epidermis, es sind dies Epithelzellen, in die marklose Nervenfasern eintreten bzw. aus denen sie austreten.

MEISSNERsche Tastkörperchen liegen unmittelbar unter der Epidermis in den Coriumpapillen. Es handelt sich um eiförmige Gebilde, die von einer bindegewebigen Kapsel umgeben sind. Diese Gebilde wurden nach VON FREY (62) als die Drucksinnesorgane angesehen. Sie finden sich nach BARGMANN (7) in histologischen Präparaten so zahlreich, daß sie nach BENNINGHOFF (8) den Druckpunkten entsprechen könnten. Interessanterweise zeigt die Verteilung der MEISSNERschen Körperchen ihr häufigstes Vorkommen in den Fingerbeeren.

Die VATER-PACINIschen Lammelllenkörperchen liegen im Unterhautbindegewebe. Sie ragen infolge ihrer Größe aus der Schar der nervösen Endorgane hervor (Länge 4 mm, Dicke 2 mm).
Die Annahme, daß die Lammellenkörperchen Druckrezeptoren seien, geht auf Beobachtungen von ADRIAN und UMRATH (2) zurück, die durch Druck am afferenten Nerven des Organs Aktionsströme ableiten konnten, nach Temperatureinwirkung jedoch nicht.

b) Schmerzempfänger

Diese Rezeptoren sind ebenfalls spezifisch lokalisiert. Schmerzempfindlich ist die Epidermiszone zwischen Stratum basale und Stratum granulosum. Zwischen diesen Zellschichten lassen sich histologisch durch Versilberung (nach BARGMANN) (7) sowohl freie Nervenendigungen als auch kleine Nervenfäserchen darstellen. Die Fäserchen enden nach HAY (27) an den Epithelzellen.

Diese Nervenendigungen versorgen im übrigen auch die kutanen Schleimhäute. Die Erregung dieser intraepithelialen

Rezeptoren beruht wahrscheinlich auf der Einwirkung chemischer Stoffe auf die Nervenendigungen, die von den mechanisch thermisch usw. geschädigten Stoffen abgegeben werden.

Es gibt jedoch auch andere Strukturen, die noch im Dienste der Schmerzperzeption der Haut stehen. Nach WEDELL (64) sind es die feinen Nervenendigungen in der kapillarhaltigen subpapillären Schicht des Korium. Aus dem bisher Dargestellten darf jedoch nicht gefolgert werden, daß die freien Nervenendigungen alleine im Dienste der Schmerzperzeption stünden, denn WEDELL (64) konnte zeigen, daß diese mit Druck und Temperatur auch dort demonstriert werden, wo die Haut nur mit freien Nervenendigungen ausgestattet ist. Es gibt demnach freie Nervenendigungen mit verschiedenen Funktionen. Die verschiedenen rezeptorischen Eigenschaften sind nach BARGMANN (7) in der sekularen Struktur begründet.

c) Temperaturempfänger

Verschiedene bekannte Versuche z. B. mit Kokain zeigten, daß es unterschiedliche Rezeptoren für Kalt- und Warmwahrnehmungen gibt.

Die Kälterezeptoren haben eine oberflächliche, die Wärmerezeptoren eine tiefe Lage. Organe, die den Kältepunkten zuzuordnen sind, sind die KRAUSEschen Endkolben, die sehr oberflächlich gelegen sind. Sie liegen wie die MEISSNERschen Tastkörperchen in den Bindegewebspapillen unmittelbar unter dem Epithel. Häufiger in der Tunica propria der Schleimhäute.

Anhand der Verteilung der KRAUSEschen Endkolben läßt sich sehr anschaulich das Prinzip der multiplen Innervation der Haut erläutern: Den phyiologisch definierbaren Kältepunkten der menschlichen Haut entsprechen nicht jeweils ein Endkolben, sondern ein System von zwei bis drei Gruppen

von Kolben. In der Mitte des Systems liegt das Maximum der Kälteempfindung. Für die Wärmeempfindung sind die RUFFINI-schen Körperchen verantwortlich. Sie liegen tief in der Haut. Interessant sind die von HENSEL (28) erwähnten Übergangsformen zwischen Mechano- und Temperaturrezeptoren.

Die Lage der verschiedenen oben genannten Rezeptororgane ist in der Abbildung 1 verdeutlicht.
Das exakte anatomische Muster sowie die spezielle Physiologie der nervösen Endorgane der Haut sind entscheidend und wesentlich für die klinischen und experimentellen Testmethoden. Aus diesem Grunde müssen auch die physiologischen Eigenheiten abgehandelt werden.

2. Über die Physiologie der nervösen Elemente

a) Berührungs- und Druckperzeption

Erwiesenermaßen ist die Haut nicht in ihrer Gesamtheit für mechanische Reize empfangsfähig, sondern nur ganz spezifische Punkte sprechen auf den Berührungsreiz an. Es lassen sich also durch punktförmige und quantitativ abstufbare Reize sogenannte Druckpunkte in einzelnen Hautarealen feststellen. Nach REIN-SCHNEIDER (51) stellen die Druckpunkte die Projektion der in der Tiefe der Haut liegenden Rezeptoren auf der Oberfläche dar.

Zur Auslösung einer Reizantwort in den unter den Druckpunkten gelegenen Empfängern ist nicht nur notwendig, daß der Reiz punktförmig, sondern auch mit einer gewissen Mindestenergie ausgeführt wird. Die notwendige Mindestenergie wird auf 0,03 erg geschätzt.

Diese Bedingungen können experimentell sehr einfach durch die von VON FREY (62) angegebenen Reizhaare erfüllt werden. Durch sie ist gewährleistet, daß nur ein sehr geringes Berührungsareal gereizt wird und daß der Druck, der auf

der Berührungsstelle lastet, konstant ist. Prinzipiell müssen die klinischen Testgeräte für Berührungsperzeption ähnlich gestaltet sein.

b) Schmerzperzeption

Ähnlich wie bei der Berührungsempfindung verhält es sich bei der Schmerzempfindung. An entsprechenden Versuchen wurde herausgefunden, daß nicht die gesamte Oberfläche der menschlichen Haut schmerzempfindlich ist, sondern daß die Schmerzempfindung an spezielle Schmerzpunkte gebunden ist. Die Dichte der Schmerzpunkte ist jedoch erheblich größer als die der Berührungspunkte. Wie schon ausgeführt fungieren die freien Nervenendigungen bevorzugt als Schmerzrezeptoren. Mit gewisser Einschränkung spricht man von ihnen als von den "Schmerzfasern". Das Wesentliche bei den Schmerzrezeptoren ist, daß zu ihrer Erregung eine wesentlich höhere Energiemenge nötig ist als bei den übrigen Rezeptorarten, und daß sie ferner nur eine sehr geringe Adaption besitzen.

Nach WEDELL (64) die Schmerzfasern größere und kleinere Netze bilden, wobei sich die Einzelfasern teilweise berühren ist es einleuchtend, daß bei einem Stich in die Haut mehrere Nervenfasern gleichzeitig erregt werden.

c) Thermoperzeption

Bekanntlich gibt es für Wärmerezeption und für die Kälterezeption verschiedene Endorgane, wobei die oberflächlichen Rezeptoren für die Kälteempfindung und die tiefer gelegenen Rezeptoren (Corium) bevorzugt für die Wärmeempfindung verantwortlich sind. Nicht unerheblich für die Methodik der Messung der Temperaturwahrnehmung ist die Tatsache, daß bei größerer Abweichung der Temperatur von einer Indifferenzzone (nach REIN-SCHNEIDER) (51) nicht nur Kalt- und Wärmerezeptoren und bei hohen Temperaturen nicht nur Warm-

und Schmerzrezeptoren sondern auch gleichzeitig Kaltrezeptoren.

3. Die gebräuchlichen Transplantatarten

Bei den Hautersatzverfahren wird ein bestehender Defekt bzw. ein Hautverlust durch vollwertige neue Haut ersetzt. Für das reparative Verhalten der nervösen Elemente im Transplantatbett ist die Transplantatart von Bedeutung. Es sollen daher die verwendeten Typen aufgezeigt und kurz charakterisiert werden, die ihre spezielle Indikation im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich haben.

Es sind im wesentlichen zwei Verfahren: Die Vollhauttransplantation und Spalthauttransplantation. Die Schichttiefen der genannten Transplantattypen sind in Abbildung 2 veranschaulicht.

3. 1. Das Vollhaut-Transplantat (whole thickness graft) umfaßt sämtliche Hautschichten außer der Tela subcutanea und hat nach ANDINA (4) eine durchschnittliche Dicke von 1 cm. Voraussetzung für seine Verwendung ist eine einwandfreie Blutversorgung durch die Empfängerstelle, so daß es hauptsächlich zur Deckung kleinerer Defekte insbesondere im Gesicht (Unterlid, Nase) benutzt wird.

3. 2. Das Spalthaut-Transplantat oder nach BLAIR (9) "split skin graft" besteht, wie der Name sagt, nur aus einem Teil der Haut, d. h. der ganzen Epidermis und einem Teil der Dermis bzw. Kutis der zwischen 50 und 80 % der Hautdicke beträgt. ANDINA (4) bringt eine weitere Unterteilung der Spalthautlappen wie folgt:

3. 2. 1. der dicke Spalthautlappen, auch 3/4Lappen genannt ca. 0,5 bis 0,6 cm dick

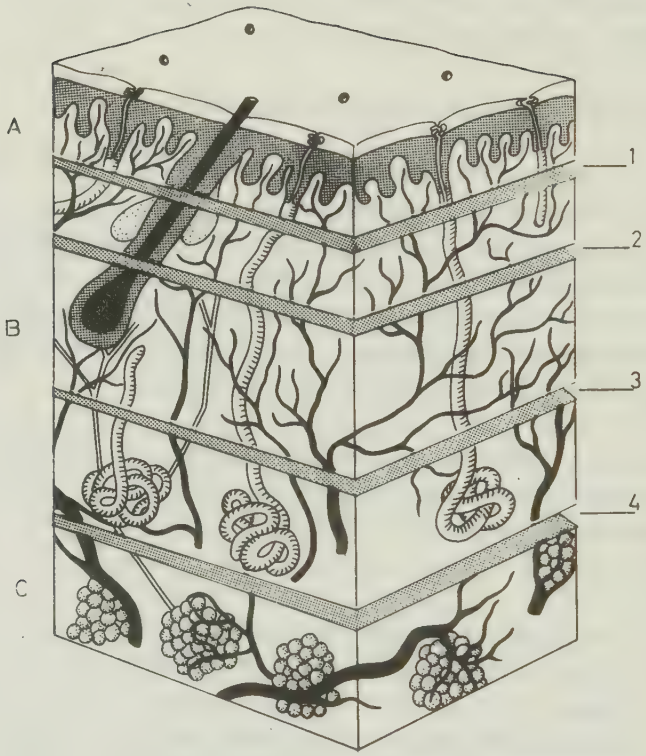


Abb. 2: Die Schnittiefen der verschiedenen Hautersatzverfahren

1, 2, 3: Die Schnittlinien des Spalthautlappens

4: Die Schnittlinien des Vollhautlappens

A: Epidermis

B: Kutis

C: Subkutis

Nach ZOLTAN aus GOHRBANDT, GABKA, BERNDORFER (21)
Handbuch der plastischen Chirurgie. Band I, II. Teil S. 98

3. 2. 2. der mittlere Spalthautlappen = "superficial intermediate split skin graft" von PADGETT ca. 0,3 bis 0,4 cm dick

3. 2. 3. der dünne Spalthautlappen, der eigentliche THIERSCH-Lappen, aus Epidermis und einer dünnen Schicht Korium bestehend und 0,2 bis 0,25 cm dick.

Wesentlich für den Chirurgen sind jeweils die individuellen Gegebenheiten bei der Hautentnahme, wie z. B. die Stelle, an der die Haut entnommen wird, da die Hautdicke eines Individuums an den verschiedenen Körperregionen äußerst unterschiedlich ist (SOUTHWOOD, (60)).

Das Spalthauttransplantat umfaßt die gesamte Epidermis, das Retum papillare, einen breiten Teil der bleibenden Dermis, die Talgdrüsen, die Nervenenden und einen Teil des Nervenplexus; Schweißdrüsen und Haarfollikel sind nur ausnahmsweise enthalten (CONWAY, (12)). Meistens wird der mittlere Spalthautlappen benutzt.

Der Spalthautlappen hat wesentliche Vorteile gegenüber dem Vollhautlappen: Er kann durch Osmose ernährt und während des Vaskularisationsstadiums besser mit Blut versorgt werden. Ferner ist die Anheilungstendenz des Spalthauttransplantates wesentlich günstiger.

Die Entnahme der Spalthaut wird mittels technisch hoch entwickelter Dermatome durchgeführt, die eine exakte Flächen- und Tiefenausdehnung zulassen. Die Entnahmestellen heilen spontan ohne wesentliche Narbenbildung aus den epithelialen Elementen der Schweiß- und Talgdrüsen.

4. Degeneration und Regeneration bei verschiedenen Hauttypen; Verbandtechnik

Bei der Entnahme eines Hauttransplantates, handelt es sich nun um ein Vollhaut- oder um ein Spalthauttransplantat, kommt es zu einer glatten Durchtrennung der anatomischen Strukturen der Haut. Beim Vollhauttransplantat (whole thickness graft) werden sämtliche Hautschichten außer dem Unterhautfettgewebe abgetragen und die Nervenfasern sind in Richtung ihrer Aufzweigung zum Nervenplexus durchtrennt und zweifellos werden zahlreiche Endorgane zerstört oder in der Entnahmeschicht belassen.
Beim Spalthauttransplantat, das die gesamte Epidermis, das ganze Retum papillare, einen breiten Teil der bleibenden Dermis, einen Teil der Talgdrüsen beinhaltet, wird auch ein Teil des Nervenplexus und der Nervenenden mit verpflanzt.

Das Transplantat wird auf das Transplantatbett gebracht und mit Nähten fixiert. Nun bedarf es einer geeigneten Verbandstechnik, um für die erste Einheilungsphase die optimalen Bedingungen zu schaffen.

Dann muß das Transplantat unter leichtem Druck gleichmäßig flächenhaft auf der Unterlage adaptiert werden. Der Druck ist notwendig, um das posttraumatische Hämatom zu verhindern, sowie das Wundgebiet ruhig zu stellen.

Nach SMITH (58) soll dieser Druck bei ca. 30 mm Hg liegen. Er konnte experimentell nachweisen, daß ein Druck über 40 - 50 mm Hg, besonders in den ersten Tagen, das Transplantat in der Ernährung stark schädigt, da es zu einer Kompression der Arteriolen kommt, deren Druck bei 40 mm Hg liegt.

Um gleichzeitig einen Flüssigkeitsrückstrom aus den Venolen zu verhindern, sollte der Adeptationsdruck über dem Venendruck von 5 - 15 mm Hg liegen. Daraus ergibt sich ein Mittelwert von ca. 30 mm Hg. Genaue intraoperative Druckmessungen sind nach einer speziellen Methode von LIMBERG (40) möglich.

Der an der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Tübingen übliche Verband ist eine Modifikation des von SCHUCHARDT (26) angegebenen Überknüpfverbandes nach SCHWENZER (57).

Die Modifikation besteht

a) in der Verwendung einer Klebefolie, die bereits an der Entnahmestelle dem zu entnehmenden Transplantat aufgeklebt und während der ersten 10 Einheilungstage dort belassen wird.

b) in der Anwendung einer dem Transplantat genau entsprechenden ca. 1 cm dicken Schaumgummilage, die direkt auf die Klebefolie gebracht wird.

Nach Einzeichnen und Excision (Abb. 3) des krankhaft veränderten Hautbezirkes wird diese Größe auf die entsprechend vorbereitete und bereits mit einer Klebefolie versehenen Entnahmestelle übertragen.

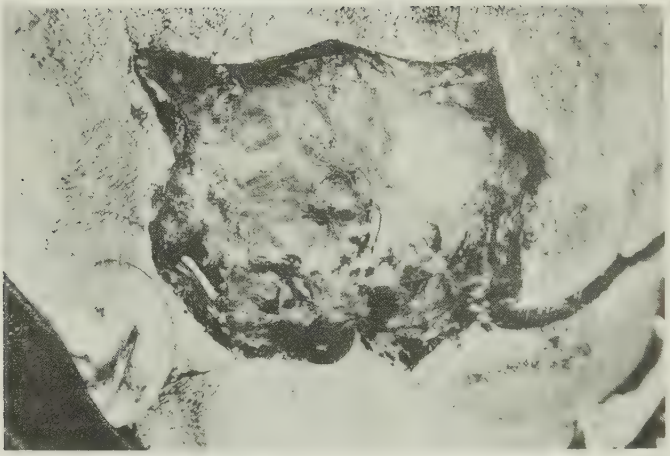


Abb. 3: Excision des krankhaft veränderten Hautbezirkes

Nach Entnahme mittels eines Dermatoms wird das Transplantat mit der Klebefolie am Empfängerort eingenäht. Die Folie bewirkt zweierlei

a) der Spannungszustand des Transplantates bleibt erhalten

b) die Weite der Gefäßlumina im Transplantat wird durch die Spannung in einem idealen Zustand gehalten

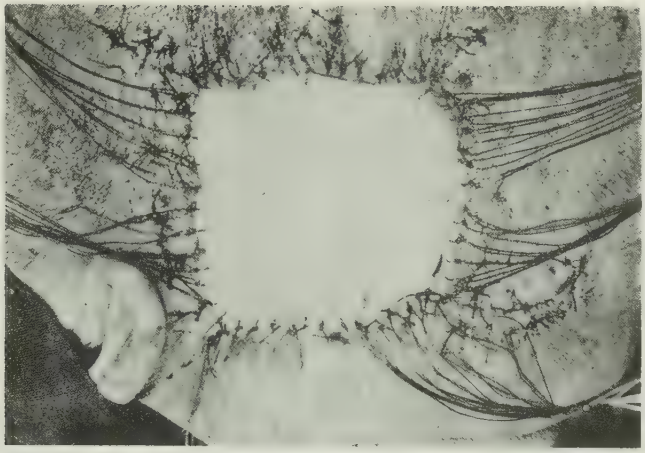


Abb. 4:

Das mit einer Folie versehene Transplantat ist ins Transplantatbett eingenäht, wobei die Fadenenden lang belassen werden.

Nun folgt das Anpassen eines ca. 1 cm dicken bis zum Transplantatrand reichenden Schaumgummistückes, das mit Terramycinsalbe beschickt und dann auf das Transplantat gebracht wird. (Abb. 5)

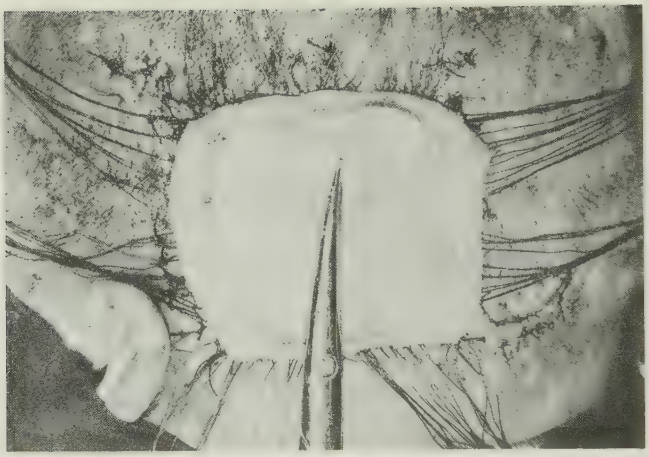


Abb. 5: Schaumgummi und Bleiplatte werden auf das Transplantat gebracht.

Die zweite Schicht besteht aus einer der Transplantatgröße entsprechenden ca. 2 mm dicken Bleiplatte, die an den Rändern geglättet und mit einer Mulllage umwickelt ist. (Abb. 5) Danach werden unter Benutzung von jeweils 4 - 5 cm lang belassenen Fäden dieselben über der mit leichtem Druck adaptierten Bleiplatte geknüpft, wobei mehrere Abschnitte gebildet wurden. (tie-over-dressing) Zum Schluß wird zum absolut sicheren Halt der über der Bleiplatte geknüpften Fäden gleichmäßig eine Schicht Kaltpolymerisat (Paladur) aufgetragen (Abb. 6).

Abb. 6: Überknüpfverband nach Auftragen der Kunststoffschicht (n. Schwenzer).

REES und FLEURY (52) wiesen 1956 auf die Bedeutung der Schaumgummischicht hin, die eine atraumatische Übertragung des Drucks auf das Transplantat gewährleistet. Ein weiterer Vorzug besteht vor allem in der Aufnahme der aus dem Transplantatrand austretenden Wundflüssigkeit. Von Kritikern wurde immer wieder ins Felde geführt, daß dadurch eine feuchte Bakterienbrutkammer unterhalten würde, deshalb wird an unserer Abteilung der Schaumgummi mit Terramycinsalbe beschickt.

Die Bleiplatte gewährleistet eine sehr gleichmäßige Druckverteilung und in Kombination mit der Überknüpftechnik wird eine absolut sichere Festigkeit sowie Immobilisation erreicht.

Die sehr guten Erfolge unserer Abteilung bestätigen die Bedeutung dieser Technik, die im übrigen einfach durchzuführen ist.

Die Einheilung vollzieht sich nach bestimmten Gesetzmäßigkeiten, wobei die Entwicklung der Blutversorgung des Transplantates von besonderer Bedeutung ist, da der Erfolg der Transplantation nur durch eine gute Blutversorgung gewährleistet ist.

Im wesentlichen sind drei Stadien zu unterscheiden, deren physioanatomischen Vorgänge sicherlich auch für das Schicksal der nervösen Elemente von Bedeutung sind und deshalb kurz gestreift werden.

1. Stadium des Anhaftens des Transplantates am Wundboden (MARCHAND (45), LEXER (39).
   Schon nach kurzer Zeit erfolgt die Umwandlung des zwischen den beiden Transplantaten sich befindlichen Plasmas zu Fibrin.
   Diese Schicht, die später metaplastisch zu Bindegewebe umgebaut wird, sollte möglichst dünn gehalten werden.

2. Ernährung durch Diffusion
   Da die Transplantate zunächst ohne Gefäße sind, erfolgt die Ernährung per diffusionem durch den plasmatischen oder interstitiellen Kreislauf.
   Hierbei zeigt sich ein wesentlicher Unterschied zwischen Vollhaut- und dünnem Spalthauttransplantat. Denn nach DAVIS (14) wird das cutishaltige Transplantat nur dann ernährt, wenn die Flüssigkeit des plasmatischen Kreislaufes direkt in die Gefäße des Transplantates gelangt. Arbeiten von SANVENERO und ROSELLI (55) bringen den Nachweis für das Auftreten von roten Blutkörperchen in

den transplantateigenen Gefäßen 24 bis 36 Stunden nach der Transplantation.

3. Stadium der Revaskularisation
Nach ZOLTAN (67) beginnt das entscheidende Stadium der Revaskularisiton nach 2 bis 5 Tagen. Entscheidend für das Hineinwachsen der Gefäße sei die Chemotaxis, bedingt durch Stoffwechselzerfallsprodukte. Wenn dieser Mechanismus - so ZOLTAN - gestört werde, komme es zur Ausbildung eines gefäßreichen Granulationsgewebes zwischen Transplantatbett und Transplantat mit all seinen negativen Auswirkungen besonders auf die neu einwachsenden Nervenfasern.

Parallel zu diesen Vorgängen verlaufen degenerative Prozesse der nervösen Elemente. Nach Durchtrennung einer peripheren Nervenfaser sind zwei Entartungen zu beobachten.

1. Die sekundäre absteigende Degeneration, sogenannte WALLERsche Degeneration.

2. Die retrograde axonale Degeneration.

Bei diesen beiden Degenerationsformen kommt es zum Zerfall der Achsenzylinder und einem staubförmigen Zerfall der Neurofibrillen (DOERR) (18). Die absteigende Degeneration ist stets stärker als die aufsteigende zentripetale. Diese Veränderungen gehen über Wochen und Monate.

Zwischenzeitlich ist es im Bereich der SCHWANNschen Scheide zu einer Wucherung gekommen, es haben sich die sog. HANKEN-BÜNGNERschen Leitbänder ausgebildet. Die Regeneration des durchtrennten Nerven ex centro in peripheriam erfolgt nur dann, wenn die Nervenzelle im zentralen Anteil

intakt ist. Der nun in die Periphere i. e. in das Transplantat vorwuchernde Nervensproß findet nach mancherlei Irrwegen den Anschluß an die peripherische Gliawucherung. Mit größter Wahrscheinlichkeit liegt die Biotechnik der Chemotaxis zugrunde.

Da nun eine enge räumliche Verbindung von zentralem und peripherem Nervenelement rein zufällig ist, liegt der Schluß nahe, daß nur vereinzelt und das wiederum rein zufällig eine Verbindung von zentralem und distalem Fragment auftritt.

Wenn nun die Brücke zwischen zentralem und peripherem Stumpf nicht geschlagen wird, wachsen die Neurofibrillen in die Irre. Sie wachsen gleichsam die Periphere abtastend durch die verschiedenen Gewebsschichten in eigenartigen Formen (Perroncitosche Spiralen).

Das Einwachsen der Neurofibrillen in das Transplantat erfolgt von verschiedenen Richtungen. Zum einen von den Rändern her, zum andern von der Unterlage her, wobei es nicht schwer fällt, sich vorzustellen, daß vom Transplantatbett bis zum Transplantat ein, wie oben aufgeführt, mehr oder weniger dickes Granulationsgewebe zu "durchbrechen" ist, das sicherlich als erhebliches Hindernis fungiert.

III. LITERATURÜBERBLICK

Im nun folgenden Kapitel soll in Form einer Zeittafel ein Überblick über die zum Thema Reinnervation von Hauttransplantaten geleisteten wissenschaftlichen Publikationen gegeben werden. Die Ausführungen sind bewußt knapp gehalten und geben nur das Essentielle der jeweiligen Publikation wieder.

ZEITTAFEL

1899 STRANSKY: (61) Berichtete über Kälteempfindung bei einem Vollhautlappen

1900 SCHROEDER: (56) Beschreibungen über wiedergekehrte Sensibilität bei Transplantaten
1918 FOOTE: (20)
1927 COLT: (13)

1905 LERDA: (38) Er lieferte den ersten Beitrag einer systematischen und korrekt ausgeführten Untersuchung über die Empfindung bei transplantierter Haut. Bei fünf Transplantatarten, die ausführlich beschrieben wurden, fand er, daß Schmerz- und Berührungsempfindung in das Transplantat zurückkehrten, obwohl die Qualität schlechter als in normaler Haut war.

1920 LEHMANN and JUNGERMANN: (37) beobachteten, daß bei rein sensorischen Nerven Sensibilität eher erscheint, als bei gemischten sensiblen und motorischen Nerven.

1928 KADANOFF: (33) arbeitete mit Meerschweinchen und konnte zeigen, daß die Regeneration von Endorganen von den einwachsenden Nervenfasern kontrolliert wurde.

1932 BAZETT: (6) fand experimentell heraus, daß die Ruffinischen Körperchen als Receptoren für Wärme und daß die Krauseschen Endkolben die Receptororgane für Kälte seien.

1933 RANSON et al. (50) glaubten, entdeckt zu haben, daß die vier verschiedenen Sinnesqualitäten durch verschiedene Fasertypen vertreten seien. Berührung durch Fasern mittlerer Größe; Schmerz durch feine myelinisierte und unmyelinisierte Fasern.

1933 KREDEL and EVANS: (35) berichteten über das sensible Verhalten von 17 Lappen- und Spalthauttransplantaten. Sie erkannten, daß das Schmerzempfinden zuerst, dann das Berührungsempfinden und dann die Temperatur wiederkehrte.

1934 DAVIS and KITLOWSKI: (15) führten Untersuchungen an Vollhaut- sowie an Spalthautlappen durch und entdeckten wiederkehrende Sensibilität sowohl beim Vollhaut- als auch beim Spalthauttransplantat, wobei die verschiedenen in unterschiedlicher Reihenfolge wiederkehren: Zuerst die Schmerzempfindung, dann die Temperaturempfindung und zuletzt die Berührungsempfindung. Nach ihren Beobachtungen verlief die Rückkehr der Sensibilität vom Rande her.

1934 DIJKSTRA: (17) untersuchte die Degeneration und Regeneration von Endorganen der Haut des Entenschnabels und fand heraus, daß das Ausheilungsmuster der Endorgane in der Schnabelhaut selbst nach Verpflanzung nicht verändert wurde. Nicht der Empfängerort bestimmte das Muster, sondern das Transplantat behielt seine Spezifität.

1934 DAVIS, L.: (16) beobachtete ebenfalls wiederkehrende Sensibilität bei Spalthaut- und Vollhautlappen, wobei die einzelnen Sinnesqualitäten ebenfalls in einer bestimmten Reihenfolge wiederkehren. Zuerst kehrt nach seinen Explorationen die Schmerzempfindung in das Transplantat zurück.

1938 MC CAROLL: (44) Die von Mc Caroll veröffentlichten Ergebnisse hinsichtlich der Wiedererlangung sensibler Qualitäten bei Hauttransplantaten stehen in völligem Widerspruch zu den bis dahin erschie-

nenen Ergebnisse anderer Autoren: Sensibilität kehre zunächst in die Spalthaut-, dann in die Vollhaut- und erst zuletzt in die gestielten Transplantate zurück.

1938 GUTTMANN: (25) Während der Reinnervationsphase kann "Empfindung" abnorm sein. Berührung wird mitunter als "hyperalgetisch" ausstrahlend und schwer lokalisierbar beschrieben. Dies kann so unangenehm sein, daß ein "withdraw-reflex" hervorgerufen wird.

1939 KREDEL, F. E. and PHEMISTER: (36) überprüften die sympathische Funktion in gestielten Lappen und fanden heraus, daß die Schweißdrüsenfunktion spätestens nach elf Monaten einsetzt.

1939 OKUDA: (48) vertrat die Ansicht, daß Haare im Transplantat wieder innerviert werden.

1943 GUTMANN and SANDERS: (23) arbeiteten an peripheren Nerven. Sie durchtrennten sie und nähten sie wieder zusammen. Nach einjähriger Regenerationszeit war die normale Fasernzelle nicht wieder erreicht. Aus diesem Grunde, so folgerten sie, kann auch in einem Transplantat eine völlige Regeneration nicht erwartet werden.

1944 SANDERS and YOUNG: (54) konnten die Bedeutung des "peripherial influence" auf die Größenzunahme der einwachsenden Nervenfaser demonstrieren. Wenn eine Nervenfaser aus dem Transplantatbett keine Verbindung zum peripheren Endorgan bekommt, bleibt sie klein.

1945 SIMPSON and YOUNG: (59) forschten über die Regeneration von peripheren Nerven und fanden heraus, daß der Durchmesser, der von einer negenervierenden Nervenfaser erreicht werden kann, von seiner Verbindung mit dem Endorgan abhängt. Nerven ohne terminale Verbindung enthalten eine Menge kleiner Nervenfasern.

1947 AITKEN, SHARMANN and YOUNG: (3) betonen ebenso wie SANDERS and YOUNG 1944 und WEISS and TAYLOR 1944 die Bedeutung des "peripherial influence" auf die Entwicklung und Reifung der Nervenfasern.

1948 HUTCHINSON, TOUGH and WYBURN: (32) beschreiben eine Methode zur quantitativen Messung der sensiblen Modalitäten von Berührung-Hitzeempfindung und Kälteempfindung. Sie versuchten, mit Hilfe von sogenannten "Sensor charts" das sensible Muster der Haut an verschiedenen Körperorganen herauszuarbeiten, um vergleichende Untersuchungen auch an Transplantaten anstellen zu können: Sie fanden zunächst heraus, daß die Gesichtshaut die niedrigste Berührungsschwelle von 0,4 gm aufweist im Gegensatz zur Haut der Hand und der Bauchhaut mit einer Berührungsschwelle von 0,7 gm.
Ferner konnten sie zeigen, daß die Abdominalhaut wesentlich hitzeempfindlicher ist als das Gesicht und die Hand. Histologische Untersuchungen der Gesichtshaut, der Abdominalhaut und der Haut auf dem Handrücken ergaben überraschenderweise kleine Unterschiede in der Dicke des Epidermis. Die Epidermis des Gesichtes zeigte sich als insgesamt dünner als bei der Haut von Handrücken bzw. Abdomen.

1948 KERNWEIN, G. A.: (34) beobachtete bei Spalthauttransplantaten, daß Zeichen der beginnenden Reinnervation zuerst am Rande der Transplantate zu erkennen waren.

1949 HUTCHINSON, TOUGH and WYBURN: (31) konnten anhand von 50 Transplantaten die sensiblen Qualitäten untersuchen und feststellen, daß das sensible Muster der Transplantate dem der Umgebung sehr ähnlich ist.

1950 MC GREGOR: (45) untersuchte die Schweißdrüsenfunktion und stellte fest, daß Haut, die von Bezirken mit hauptsächlich thermogenem Transpirieren (Abdomen) in Bezirke mit vorwiegend zentral bedingtem Transpirieren (Handflächen) verpflanzt wurde, die Qualität Letzterer annahm.

1951 LÖFGREN, L.: (41) untersuchte verschiedene Hauttransplantate nach verschieden langer Transplantationszeit auf ihre Sensibilität und die sympathischen Funktionen. Er konnte feststellen, daß die Vollhautlappen eine beginnende Regeneration um den 20. Monat nach der Operation hatten, daß hingegen Spalthautlappen erst nach 49 Wochen geringe Zeichen von sensiblen Funktionen zeigten.

1953 GOHRBANDT: (21) bestätigte die Beobachtungen von KERNWEIN 1948, daß beginnende Reinnervation bei Hauttransplantaten vom Rande her erfolge.

1954 ROTHMANN, S.: (53) Versuch einer Lokalisation der Wärmepunkte der Haut. Es gibt nur wenige Untersuchungen an und die Ergebnisse sind nicht einheitlich.

1955 WEDELL, G., PALMER und PALLIE: (65) machen Angaben über die Größe der freien Nervenendigungen. Sie liegt unter 1 u.

1956 NAPIER: (47) unterstreicht die Meinung einer Minderheit: (LEHMANN und JUNGERMANN (37); KREDEL und EVANS (35); DAVIES (15)) daß die Reinnervation der Transplantate von der Unterlage her erfolgt.

1957 HURLEY, H. I. und SHELLEY, W. B.: (30) bestätigten die Ergebnisse von MC GREGOR (45): Hauttransplantate nehmen das "Transpirationsmuster" ihrer Empfängerstelle an.

1957 ADEYMO and WYBURN: (1) beobachteten im Gegensatz zu den vorangegangenen Autoren beginnende sensible Aktivität sowohl marginal als auch subdormal. Die ersten Zeichen beginnender Empfindungsfähigkeit wollen sie schon nach dem 21. Tage bemerkt haben.

1958 BROWN, I. B. and MC DOWELL, F.: (10) Größe des Transplantates, Alter und Geschlecht des Patienten sind von untergeordneter Bedeutung für die Reinnervation des Transplantates.

1958 HOEPKE, H.: (29) er arbeitete über die quantitative Verteilung des Hautnervengewebes. Er fand heraus, daß es z. B. zehnmal soviel Nervengewebe in den Fingerspitzen als in der Rückenhaut gibt.

1958 MONCRIEF, A.: (46) untersuchte unter anderem das Verhalten von 27 Vollhauttransplantaten an der Hand, bzw. Fingern auf ihre Sensibilität. Er fand heraus, daß punktuell schon 6 Monate nach

der Transplantation beginnende Sensibilität vorhanden war.

1958 WAGNER, M., BENJAMIN, ZEIL, W.: (63) berichteten über beginnende Sensibilisierung bei Hauttransplantaten schon nach 6 - 8 Wochen.

1959 ARTHUR, R. P. und SHELLEY, W. B.: (5) untersuchten die Nervenmenge an der Grenze von Dermis und Epidermis und fanden, daß die Anzahl in den verschiedenen Regionen zwischen 1 und 8/0,01 mm^2 variierte.

1959 SNEEP: (19) vertritt ebenso die Ansicht wie WYBURN 1949 und FOLKERTS, daß das Transplantat das sensible Muster der Empfängerseite übernimmt, d. h. die einwachsenden Nerven produzieren ihr eigenes Muster, unabhängig vom Nervennetz des Transplantates.

1962 PONTEN, B.: (49) untersuchte bei insgesamt 91 Hauttransplantaten ihr Verhalten hinsichtlich der sensiblen Qualitäten. Er demonstrierte anhand klinisch experimenteller Versuche, daß das Transplantat das Sensibilitätsmuster der Empfängerregion annimmt.

1974 MAQUIERA, N. O.: (42) verwendet in der Handchirurgie zum Ersatz asensiblen Gewebes ein segmentes "zusammengesetztes Transplantat" bestehend aus Haut und Nervenstrang, das frei verpflanzt wird und bei dem eine "neurorrhaphy" mit einem Nerven der Empfängerseite durchgeführt wird. Die Ergebnisse hinsichtlich wiedererlangter Sensibilität werden als gut bezeichnet.

Beim Studium der Literatur ist besonders aufgefallen, daß relativ wenig über oben genanntes Thema publiziert wurde, und daß die entsprechenden Publikationen zum Teil nur descriptiv jedoch wenig fundiert und wissenschaftlich systematisch sind. Daher ergeben sich sicherlich auch die enorm widersprüchlichen Aussagen, beispielsweise über den Zeitpunkt des Reinnervationsbeginnes oder die Reihenfolge der wiederkehrenden Sensibilitätsqualitäten.

Auch die spärlichen experimentellen Arbeiten können keine übereinstimmenden Ergebnisse liefern hinsichtlich der Frage, ob ein Hauttransplantat das sensible Muster der Empfängerregion annimmt oder aber das der Spenderregion behält.

IV. Eigene Untersuchungen

1. METHODIK

Ziel der Arbeit ist es, möglichst exakt den Prozeß der Reinnervation durch klinische Untersuchungsmethoden zu erfassen. Voraussetzung hierzu war, daß die Patienten gewillt waren, mehrmals die im folgenden aufgeführten verschiedenen Tests über sich ergehen zu lassen und aktiv mitzuarbeiten.

Es sollte

1. qualitativ: der früheste Zeitpunkt der Reinnervation, der Reinnervationsmodus überprüft

und

2. quantitativ: an einigen Fällen herausgearbeitet werden, ob das Sensibilitätsmuster der Transplantate dem der Spender- oder dem der Empfängerseite entspricht.

Dazu mußten folgende Vorausseztungen erfüllbar sein:

a) Überprüfbarkeit der kontralateralen Spenderseite
b) Überprüfbarkeit der kontralateralen Empfängerseite.

Wie im einzelnen aufgeführt, konnten leider nicht alle begonnenen Versuche bei sämtlichen Patienten abgeschlossen werden, sodaß sie aus der Versuchstabelle gestrichen werden mußten.

Da die operativen Termine der Probanden zwischen April 1971 und August 1976 lagen, handelt es sich keinesfalls um eine Spätstudie, sondern vielmehr interessierte die kontinuierliche postoperative Entwicklung der beginnenden Sensibilität.

Die durchgeführten klinischen Tests können in drei Einzelabschnitte aufgeteilt werden.

Test I

Beim Test I wurden alle später aufgeführten Fälle verwendet. Hierbei ging es um die Frage, ob und zu welchem Zeitpunkt die Sensibilität in die zwei verschiedenen Transplantatarten wiederkehrt.
Dazu wurde in monatlichen Abständen nach der Operation das Transplantat genauestens mittels später aufgeführter Testmethoden auf die Sensibilität geprüft. Wobei die Sinnesqualitäten Berührung, Schmerz, Kälte und Wärme mit entsprechenden Reizmethoden getestet wurden. Die Ergebnisse wurden tabellarisch festgehalten und in Form eines Diagramms aufgezeichnet.
Bei diesem Versuch war die Größe des Transplantates sowie das Alter des Transplantates a. priori nicht entscheidend.

Test II

Beim Test II, der in enger Verbindung zu Test I steht, konnten grundsätzlich ebenfalls alle wie bei Test I aufgeführten Probanden verwendet werden. Ziel dieses Testes - und er konnte häufig gleichzeitig mit Test I ausgeführt werden - war es, herauszufinden, in welcher Art und Weise die Reinnervation stattfindet: ob entsprechend vieler Autoren wie LÖFGREN (41), DAVIS and KITLOWSKY (15) et al. die Reinnervation streng centripetal, d. h. vom Rande des Transplantates zum Zentrum hin kontinuierlich fortschreitet. Ob es sich hierbei um eine strenge Gesetzmäßigkeit handelt oder nicht, wurde ebenfalls durch exakte Testung des gesamten Transplantates mittels der Testmethoden für Schmerz, Berührung, Wärme und Kälte untersucht.

Test III

Test III: Durch diesen Test sollte anhand einiger Spalthauttransplantate untersucht werden, welches Innervationsmuster sie besitzen, das der Spender- oder das der Empfängerseite.
Dazu wurden in Form von "sensory charts" nach HUTCHINSON, TOUGH and WYBURN (31) und PONTEN (49) die Innervationsmuster der kontralateralen Spenderseite sowie der kontralateralen Empfängerseite des Transplantates gemessen und die Ergebnisse mit dem sensiblen Muster des Transplantates verglichen.
Es wurde an den entsprechenden Stellen der oben abgebildete Stempel aufgetragen und in jedes der Quadrate ein Reizpunkt gesetzt, und zwar ein Schmerz-, ein Berührungs-, ein Wärme- und ein Kältereiz. Da diese Untersuchung eine relativ weit fortgeschrittene Reinnervation voraussetzt, wurden nur Transplantate untersucht, die älter waren als 1 1/2 Jahre.

Bei den beiden erstgenannten Testformen sollten Vollhaut- und Spalthauttransplantate verglichen, bei Test III nur Spalthauttransplantate demonstriert werden.

Testmethoden der vier sensiblen Qualitäten

Sowohl für Test I als auch für Test II und III wurde nach demselben Prinzip verfahren. Eine in 100 kleine Quadrate aufgeteilte Fläche von 2 x 2 cm wurde entweder auf das Transplantat oder auf die entsprechenden Kontrollseiten aufgestempelt und die einzelnen Quadrate von 2 x 2 mm durch je einen Reiz der Modalität Schmerz, Temperatur, Wärme oder Kälte beschickt. Die positiven Reizantworten wurden entsprechend aufgezeichnet. Besonders für Test III wurden wie schon bei PONTEN (49) keine Anstalten getroffen,

eventuell das Zentrum eines "Reizareals" zu finden, sondern es wurden nur die positiven Antworten gewertet und die Areale miteinander verglichen.

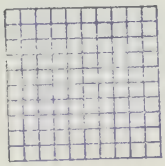


Abb. 7: Identische Wiedergabe des Teststempels

In Anlehnung an das von VON FREY (62) benutzte Pferdehaar entwickelten HUTCHINSON, TOUGH and WYBURN (32) ein sogenanntes Aesthesiometer, das aus einer Metallnadel bestand und an einer Haltekonstruktion befestigt war. Sie wollten damit das Entlanggleiten auf der Oberfläche vermeiden. PONTEN (49) kehrte dann in seinen Versuchen wieder zu dem bewährten Pferdehaar zurück und fixierte es in einem Metallröhrchen. (Abb. 8)
Entscheidend ist das punktförmige Auftreffen mit konstanter Energiemenge,die den Schwellenwert, der für die entsprechenden Qualitäten und für die verschiedenen Lokalisationen unterschiedlich ist, ergibt. In dieser Arbeit wurde ebenfalls eine Konstruktion benutzt, die aus einem Pferdehaar bestand, das am oberen Ende mit einem Paladurkügelchen versehen war und das in einer Metallkanüle glitt. Die Mindestenergiemenge von 0,03 erg wurde erreicht und der Reiz von den Probanden jeweils als Berührung angegeben. Da selbstverständlich individuelle Schwankungen in der Schwellenwertenergie bestehen, wurde die Empfindung teilweise als stärker oder als schwächer angegeben.

Beim Versuch I wurden nun jeweils 30 Reize in das Gitter gesetzt nach beliebiger räumlicher Verteilung und die Antworten aufgezeichnet.

Bei Versuch II wurden ebenfalls 30 Reize gesetzt, wenn das Gitter sich im Zentrum eines Transplantates befand. Bei der Testung der marginalen Region wurde in jedes Quadrat ein Reiz gesetzt.

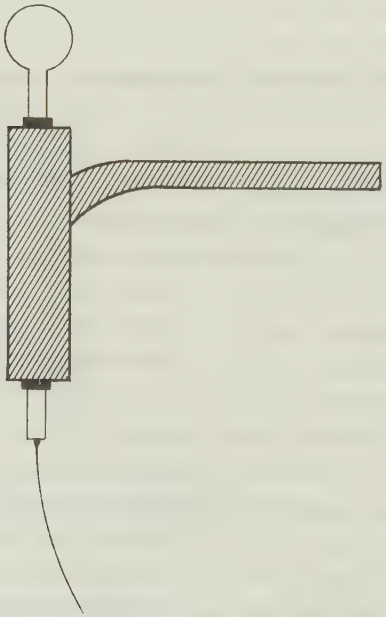


Abb. 8: Skizze der Apparatur zur Testung der Berührungsempfindung.

Schmerzreiz

Hierzu wurde im Prinzip das von HUTCHINSON, TOUGH and WYBURN (32) entwickelte Aesthesiometer benutzt - in ähnlicher Weise auch von PONTEN (49). Das sich von der vorigen Apparatur nur dadurch unterscheidet, daß das Pferdehaar durch eine Metallnadel ersetzt wurde. Der Pol am oberen Ende der Metallnadel wurde wiederum mit einem Paladurstück versehen, um somit das Gewicht der Nadel erhöhen zu können. (Abb. 9)

Bei der Durchführung des Testes zeigte sich der sehr unterschiedliche Schwellenwert für Schmerz. Die zugeführte Mindestmenge wurde durch Vergrößern des Kunststoffstückchens individuell verändert. Selbstverständlich erfolgte diese "Grobeichung" des Gerätes auf gesunder Haut und nicht auf dem Transplantat. In Anlehnung an den Berührungstest wurden ebenfalls wieder 30 Reize bei Test I gegeben; 30 Reize bei Test II und bei Test III 100 Reize. Die Ergebnisse wurden entsprechend notiert.

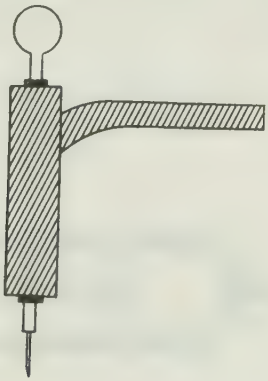


Abb. 9: Skizze der Apparatur zur Testung der Schmerzempfindung.

Wärmereiz

Hierzu wurde eine Plastikeinmalspritze (siehe Abb. 10) benutzt, die von einem weiteren Paladurmantel umgeben war. In die anteriore Öffnung war ein im Durchmesser entsprechender Kupferstab eingebracht, der in die Lumenmitte hineinragte. Das freie Ende des Kupferstabes wurde bis auf einen Durchmesser von 1 mm angefrischt. Der Gefäßkörper wurde nun mit ca. 40 - 50° C warmem Wasser gefüllt, sodaß eine entsprechende Temperaturdifferenz zwischen Testgerät und Körperoberfläche stets vorhanden war. Selbstverständlich ergaben sich ständige Temperaturschwankungen von 1 - 3° C. Das Testgerät wurde ohne Druck auf die Hautstellen aufgebracht und wenigstens 4 Sekunden belassen, bis der Patient angeben konnte, ein Wärmeempfinden zu verspüren.
Bei Test 1 wurden pro cm^2 15 Reize gesetzt.
Bei Test 2 ebenfalls.
Bei Test 3 wurde der Versuch unternommen, jedes Quadrat zu testen.
Dieser Test bereitete besondere Schwierigkeiten, da nach einer gewissen Zeit durch entsprechende Adaption die Probanden sehr verunsichert waren und keine exakten Angaben machen konnten.
Es wurden nur exakte Ergebnisse aufgezeichnet.

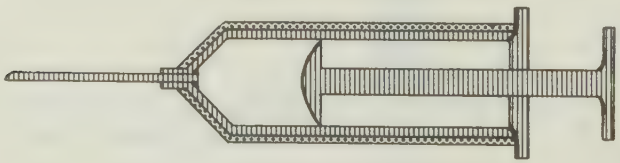


Abb. 10: Skizze der Apparatur zur Testung der Wärmeempfindung.

Kältereiz

Zu diesem Test wurde dasselbe Gerät wie bei vorangegangenem Test verwendet. Der Inhalt der Einmalspritze wurde diesmal mit einem Eis/Wassergemisch versehen. Das aus der Öffnung ragende Kupferstück wurde etwas weiter ins Lumen hineingeschoben, sodaß es nur noch mit der Länge von 0,5 cm aus dem Testgerät herausragte.
Bei Test 1 wurden wieder 15 Reize pro cm^2 gesetzt.
Bei Test 2 ebenfalls.
Bei Test 3 wurde wieder versucht, jedes Quadrat zu testen.

Auch bei diesem Test gab es gewisse Probleme bei einer Reihe von Probanden, sodaß auch hier nur eindeutige Ergebnisse gewertet wurden.

Äußere Testbedingungen

Bei der Durchführung der Tests wurde besonders darauf geachtet, die äußeren Bedingungen möglichst konstant zu halten, d. h. Räumlichkeit und Temperatur. Die Probanden wurden genau über die einzelnen Tests aufgeklärt und befanden sich während der Durchführung in einer bequemen Position.
Die gestellten Fragen sollten prägnant mit "ja" oder "nein" beantwortet werden. Bei Ermüdung der Patienten wurde der Test sofort abgebrochen.

2. Patientengut

Untersucht nach den oben genannten Testmethoden wurden 56 Patienten - 29 Frauen, 27 Männer -, bei denen in der Zeit von Februar 1971 bis August 1976 in der Abteilung für Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Tübingen Haut transplantiert worden war.
Bei diesen 56 Patienten wurden 62 Hauttransplantate von einer Spenderstelle in ein entsprechendes Transplantatbett eingepflanzt. Dabei handelte es sich um 49 Spalthaut- und um 13 Vollhauttransplantate.

7 Transplantate - 5 Spalthaut- sowie 2 Vollhauttransplantate - konnten nur partiell gewertet werden, da die Patienten vor Beendigung der Testreihe aus verschiedenen Gründen ausscheiden mußten.

2. 1. Alters- und Geschlechtsverteilung

2. 1. 1 Alter in Jahren

Alter in Jahren	Anzahl
20 - 30	7
30 - 40	10
40 - 50	15
50 - 60	12
60 - 70	11
70 - 80	1

2. 1. 2 Geschlechtszugehörigkeit

Bei Spalthauttransplantaten: 20 Frauen + 24 Männer
Bei Vollhauttransplantaten : 9 Frauen + 3 Männer

2. 2 Lokalisation der Transplantate

1. Gesicht	a) Wangenregion	15
	b) Stirn	8
	c) Temperalregion	15
	d) Augenlider	6
	e) Nasenregion	8
	f) praeaurikulär	5
2. Rücken		2
3. Abdomen		1
4. Kopfhaut		2
(5. Fußsohle		1)

2. 3 Praeoperative Diagnosen

2. 3. 1 Bei Spalthauttransplantaten

Basaliome	20	(im Gesichtsbereich)
Hämangiome	6	
Melanome	2	
Sarkome	3	
Spinaliome	3	
Zustand nach Verbrennungen	4	
Traumata der Augenlider	2	
Neurofibromatose	1	
Verruca plana	2	
Tätowierungen	1	

2. 3. 2 Bei Vollhauttransplantaten

Traumafolgen	5
Verbrennungen Augenlidbereich; Lippe	
Hämangiom (bestrahlt)	2
Basaliom	3
Keratoakanthom	2
Veruca plana	1

Beschreibung des Transplantatbettes

Sowohl bei der Durchsicht der Operationsberichte als auch bei der Inspektion der einheilenden bzw. eingeheilten Transplantate wird ganz besonders darauf geachtet, ob die Umgebung des Transplantates bzw. das Transplantatbett in besonderer Weise alteriert ist, wie: tiefe Gewebszerstörungen, Fehlen von Periost oder ausgeprägte Röntgendermatosen.

In 3 Fällen ergibt die Anamnese eine mehr oder weniger intensive Röntgenbestrahlung der Transplantatregion. Diese Transplantate wurden entsprechend markiert.

Größe der Transplantate

Transplantate, die kleiner waren als ca. 1 cm^2 wurden nicht in die Untersuchungen miteinbezogen, da eine entsprechende Beurteilung sicherlich nicht einfach und in ihrer Aussage a priori zweifelhaft wäre. Die größten Transplantate waren über handtellergroß.

3. Ergebnisse

Ergebnisse: Test I

Sämtliche Transplantate wurden nach den im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Methoden auf wiederkehrende Sensibilität untersucht.

Es soll hierbei eine rein qualitative Aussage hinsichtlich des Zeitpunktes der klinisch faßbaren Reinnervation gemacht werden. Dabei wurde jeweils das gesamte Transplantat systematisch nach etwaigen "positiven Bezirken" abgetastet und den 4 Tests unterworfen.

3. 1 Verhalten der Vollhauttransplantate

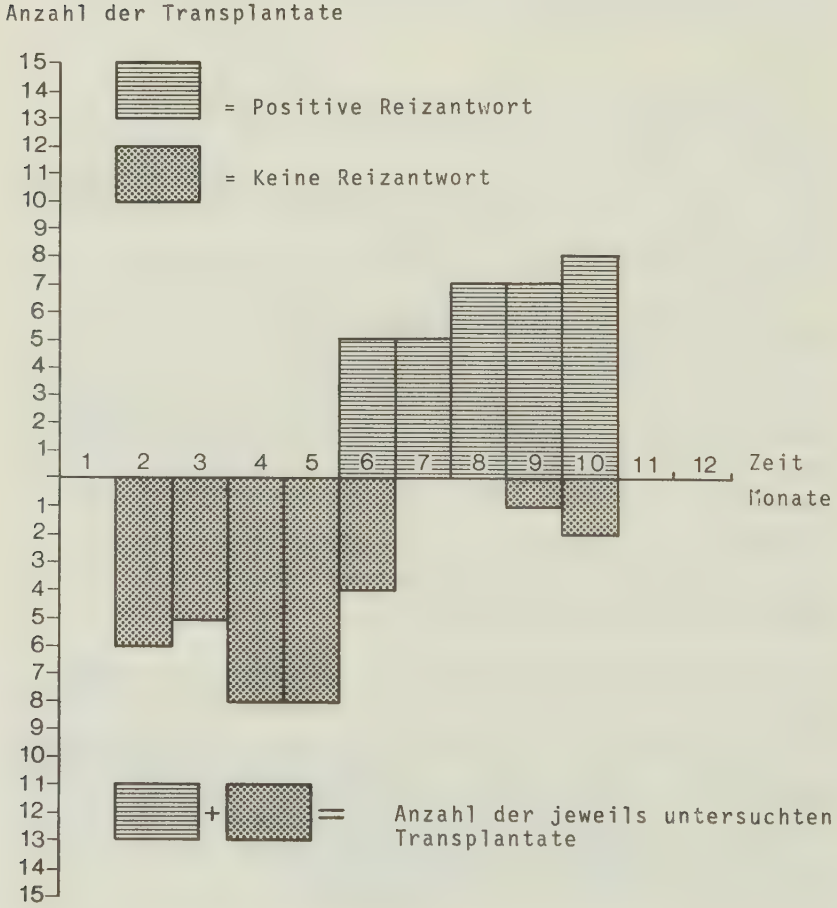
13 Transplantate bei 13 Patienten wurden in vierwöchigem Abstand solange untersucht, bis die ersten Zeichen beginnender Reinnervation erkennbar waren. Die Ergebnisse der Einzeltests wurden jeweils graphisch in Tabellen festgehalten.

Berührungsreiz

Am 10. Tage postoperativ wurden in der Regel bei allen Patienten die zur Adaptation des Transplantates notwendigen Überknüpfverbände entfernt. In dieser 1. postoperativen Phase bis ca. 4 Wochen postoperativ waren keine objektiven Zeichen einer sensiblen Funktion der Transplantate zu erkennen. Subjektiv empfanden 4 Patienten: partiell auftretendes Stechen oder Kribbeln.

In der 2. postoperativen Phase - zwischen der 4. und 12. Woche - wurden bei 4 Patienten "abnorme Reaktionen" auf den gesetzten Berührungsreiz angegeben. Bei 2 Patienten trat ein stechendes Schmerzgefühl auf und 2 Patienten

Anzahl der Transplantate



Tab. 1: Berührungsempfindung bei Vollhauttransplantaten

hatten ein ständiges Kältegefühl, das sich auf den Berührungsreiz verstärkte.

Nach dem 5. postoperativen Monat konnten bei 2 Transplantaten eindeutig positive Berührungsempfindungen nach mehreren gesetzten Reizen festgestellt werden. Die Empfindungen waren jedoch abgeschwächt und entsprachen nicht exakt der bei normaler Haut.

Die Resultate wurden graphisch in einem Diagramm (Tabelle 1) festgehalten und zeigen:

1) Reinnervation findet statt.
2) Beginnende Perception der Berührungsreize zwischen dem 4. - 5. Monat.
3) Abgeschwächte Empfindung während der ersten 10 Monate postoperativ.
4) Keine Abhängigkeit der Reinnervation von der Lokalisation des Transplantates.
5) Nach 10 Monaten keine Empfindung bei tief destruiertem Gewebe. (Pat. Nr. 2)

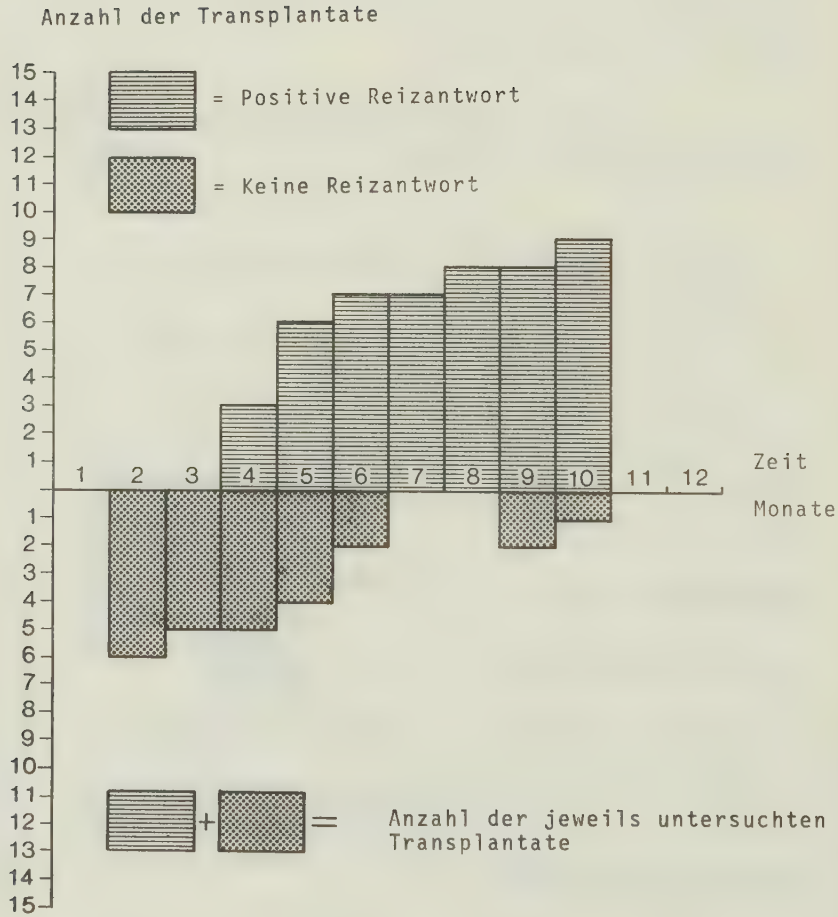
Schmerzempfindung (siehe Tabelle 2)

1. postoperative Phase

10 Tage postoperativ - 4 Wochen postoperativ:
keine positiven Ergebnisse
bei 2 Patienten bei Schmerzreiz - Hyperalgesie

2. postoperative Phase

4 Wochen postoperativ - 12 Wochen postoperativ
2 Patienten nach Schmerzreiz - Hyperalgesie
2 Patienten sowohl nach Berührungsreiz als auch nach Schmerzreiz - Kälteempfindung. (Dysaesthesie)



Tab. 2: Schmerzempfindung bei Vollhauttransplantaten

Das Diagramm zeigt:

1) Beginnende Schmerzperception nach 3 - 4 Monaten.
2) Auch hierbei wird der Schmerzreiz in allen Fällen anders empfunden als auf normaler Haut
   a) partiell abgeschwächt
   b) teils etwas verstärkt.
3) Keine Abhängigkeit der Reinnervation von der Lokalisation des Transplantates.
4) Bei einem Transplantat findet sich nach 10 Monaten keine Schmerzempfindung: Hierbei war das Transplantatbett durch Traumen stark vulneriert.

Wärmetest

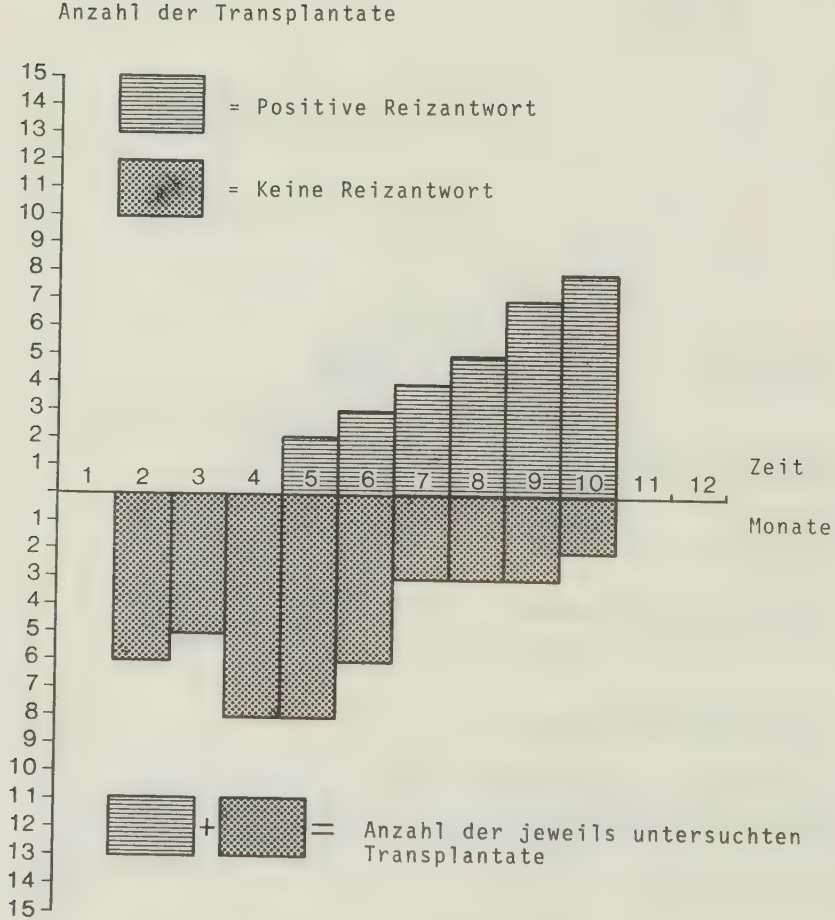
Dieser Test ergab folgende Ergebnisse, die in Tabelle 3 sichtbar werden:

1. postoperative Phase

10 Tage postoperativ - 4 Wochen postoperativ
keine positiven Ergebnisse

2. postoperative Phase

4 Wochen postoperativ - 12 Wochen postoperativ
bei 3 Patienten: Schmerzermpfindung nach Wärmereiz.



Tab. 3: Wärmeempfindung bei Vollhauttransplantaten

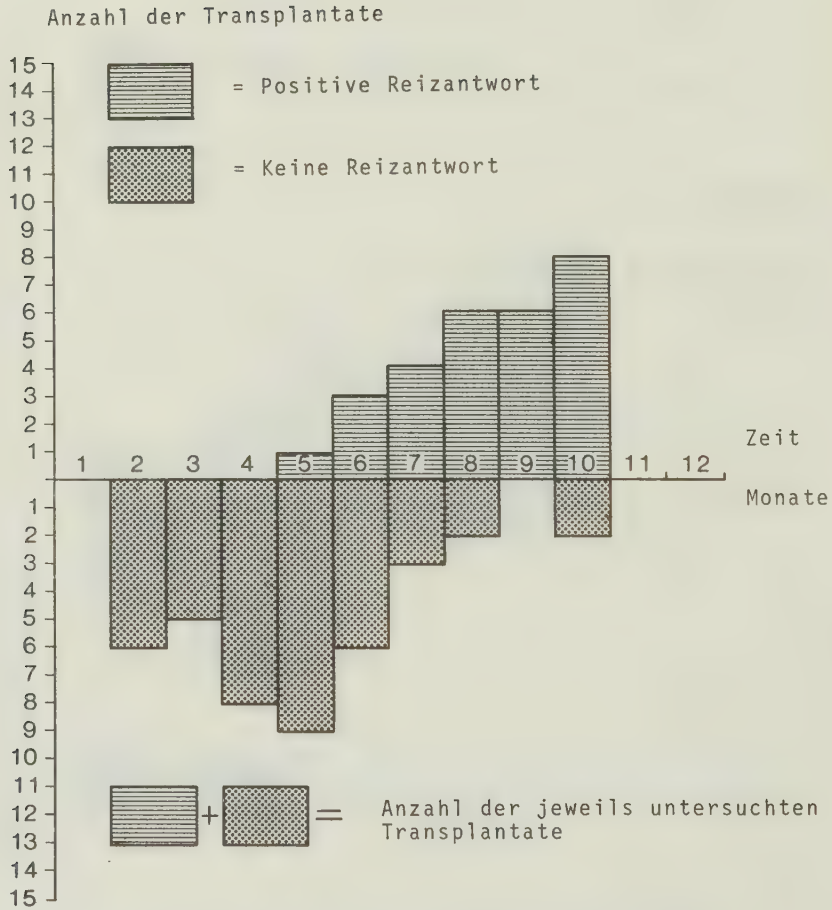
Die Tabelle 3 zeigt:

1) Beginnende Wärmeperception zwischen dem 4. - 5. Monat.
2) Keine Abhängigkeit der Reinnervation von der Lokalisation des Transplantates.
3) Bei 2 Transplantaten findet sich nach 10 Monaten keine Wärmeempfindung.

Kältetest

Die Tabelle 4 zeigt:

1) Beginnende Kälteperception zwischen dem 4. - 5. Monat postoperativ.
2) Keine Abhängigkeit der Reinnervation von der Lokalistion des Transplantates.
3) Bei 2 Transplantaten findet sich nach 10 Monaten keine Kälteperception.



Tab. 4: Kälteempfindung bei Vollhauttransplantaten

3. 2 Spalthauttransplantate

Bei 44 Patienten - 20 Frauen und 24 Männer - wurden insgesamt 49 Spalthauttransplantate nach den geschilderten Methoden auf wiederkehrende Sensibilität untersucht.

Die Ergebnisse wurden in den folgenden Diagrammen festgehalten.

Berührungsempfindung

Während der ersten 5 postoperativen Monate konnte nach Ausschluß unklarer Angaben bei mehreren Patienten kein eindeutig positives Ergebnis erhalten werden.

a) Subjektives Empfinden:

5 Patienten empfanden ein ständiges Kältegefühl im Transplantat und hatten den inneren Zwang, durch Reiben das Transplantat zu erwärmen.

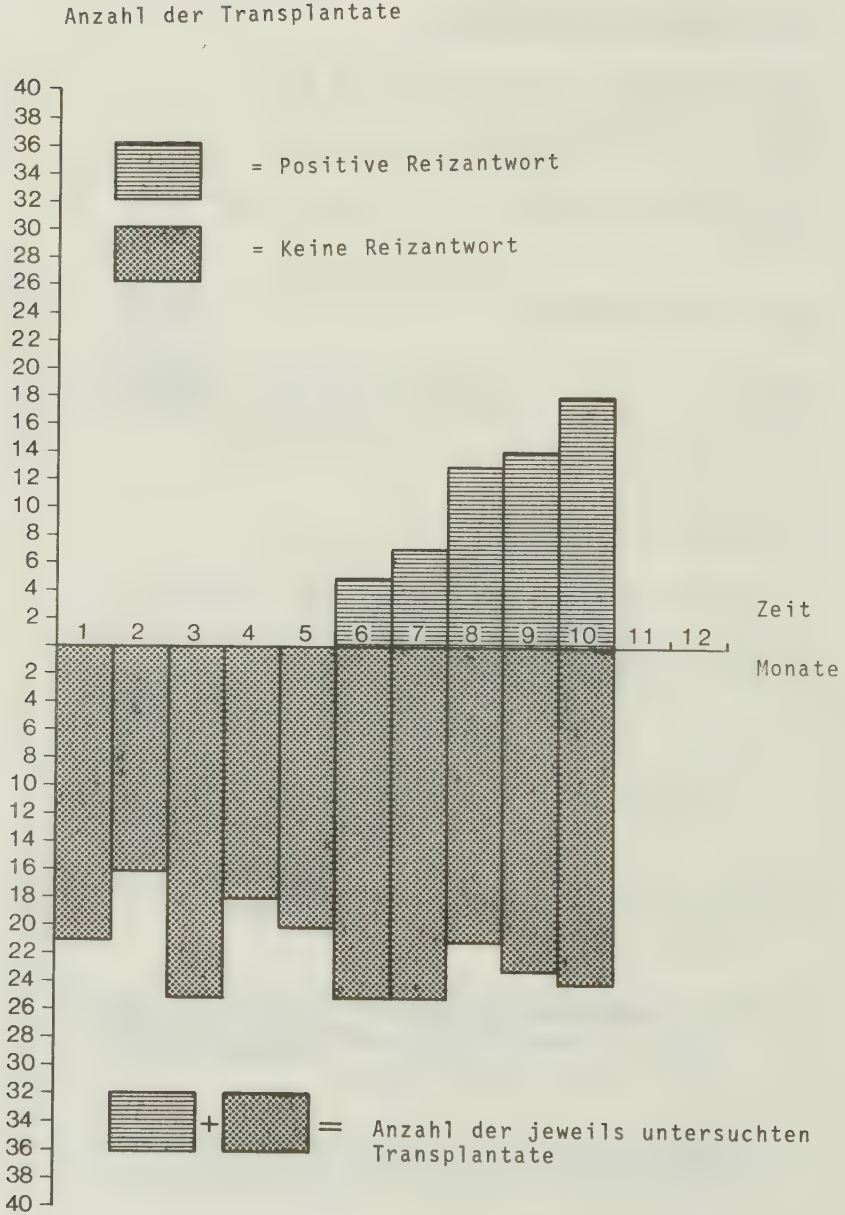
3 Patienten empfanden immer wieder einschießende stechende Sensationen.

2 Patienten gaben am Randgebiet der umgebenden Haut hypersensible Reaktionen an.

b) Objektivierbare Ergebnisse (in Tabelle 5 graphisch dargestellt)

1) Die Berührungsperception kehrte bei 5 Transplantaten (30 untersuchte Transplantate) zwischen dem 5. und 6. Monat wieder.

2) Die Intensität der Empfindung war bei 2 Patienten abgeschwächt im Vergleich zu normaler Haut.



Tab. 5: Berührungsempfindung bei Spalthauttransplantaten

3) Die Empfindungsfähigkeit von Berührungsreizen kehrt relativ langsam wieder, sodaß nach 10 Monaten bei 42 untersuchten Transplantaten nur 18 Transplantate - weniger als 50 % - diese Fähigkeit besitzen.

4) Die Empfindungsqualität ist bei 8 Transplantaten nicht genau gleich wie bei normaler Haut.

5) Empfängerort scheint keinen Einfluß auf die Reinnervation zu haben.

6) Der Prozeß der Reinnervation ist bei Spalthauttransplantaten nach 10 Monaten noch nicht abgeschlossen.

7) Das Alter des Patienten hat keinen Einfluß auf die Reinnervation.

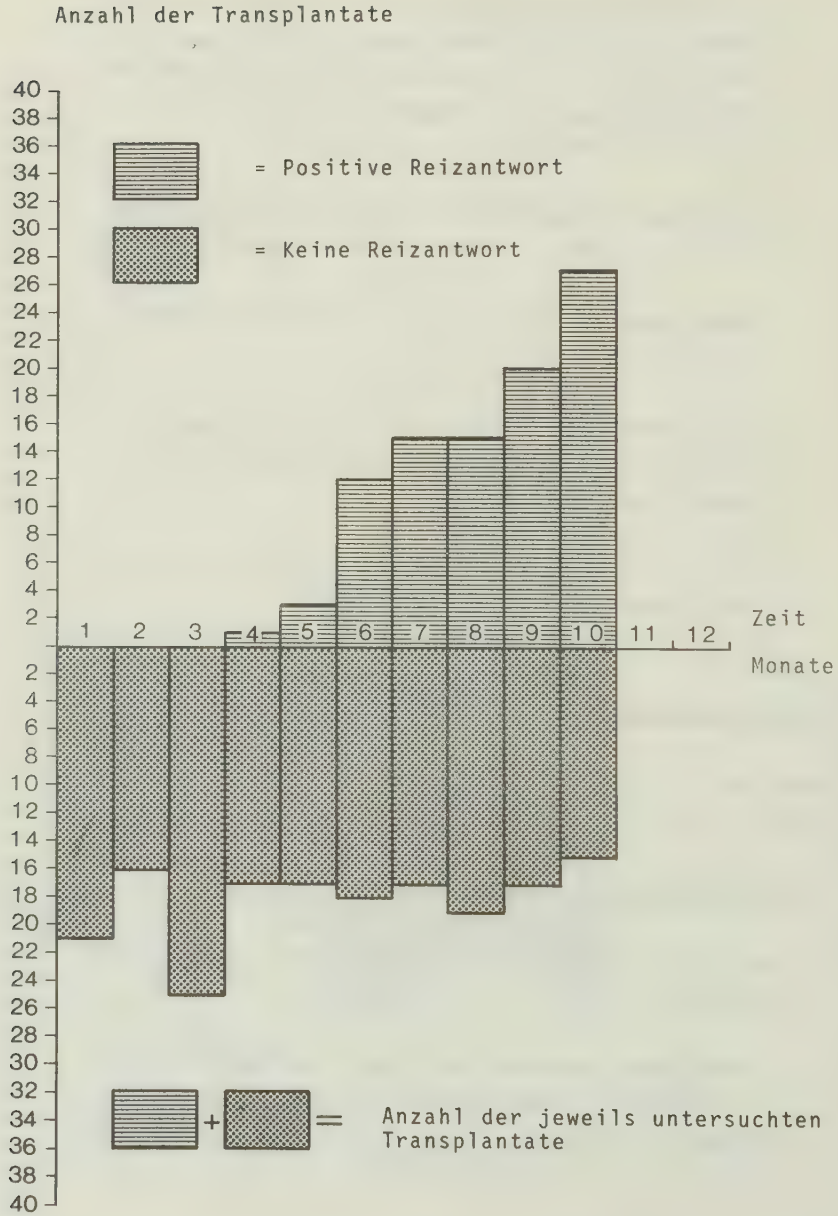
Schmerzempfindung (in Tabelle 6 dargestellt)

Bis zum 3. postoperativen Monat konnte kein Schmerzreiz positiv beantwortet werden.

a) Subjektives Empfinden:

Bei 2 Patienten trat nach Schmerzreiz eine Wärmeempfindung auf.

8 Patienten empfanden den gesetzten Schmerzreiz als Berührung, auch nachdem die Energiemenge gesteigert wurde.



Tab. 6: Schmerzempfindung bei Spalthauttransplantaten

b) Objektivierbare Ergebnisse

1) Beginnende Schmerzperception zwischen dem 3. und 4. Monat bei einem Transplantat (getestete Transplantate: 18).

2) Bei 6 Patienten wurde der Schmerzreiz verstärkt empfunden - Hyperaesthesie - Hyperalgesie.
Bei 4 Patienten wurde der Schmerzreiz abgeschwächt empfunden.

3) Die Schmerzempfindung kehrt im Vergleich zur Berührungsempfindung schneller in das Spalthauttransplantat zurück, sodaß nach 10 Monaten bei 42 getesteten Transplantaten 27 Transplantate eine positive Schmerzempfindung aufweisen - mehr als 50 %.

4) Empfängerort scheint keinen Einfluß auf die Reinnervation zu haben.

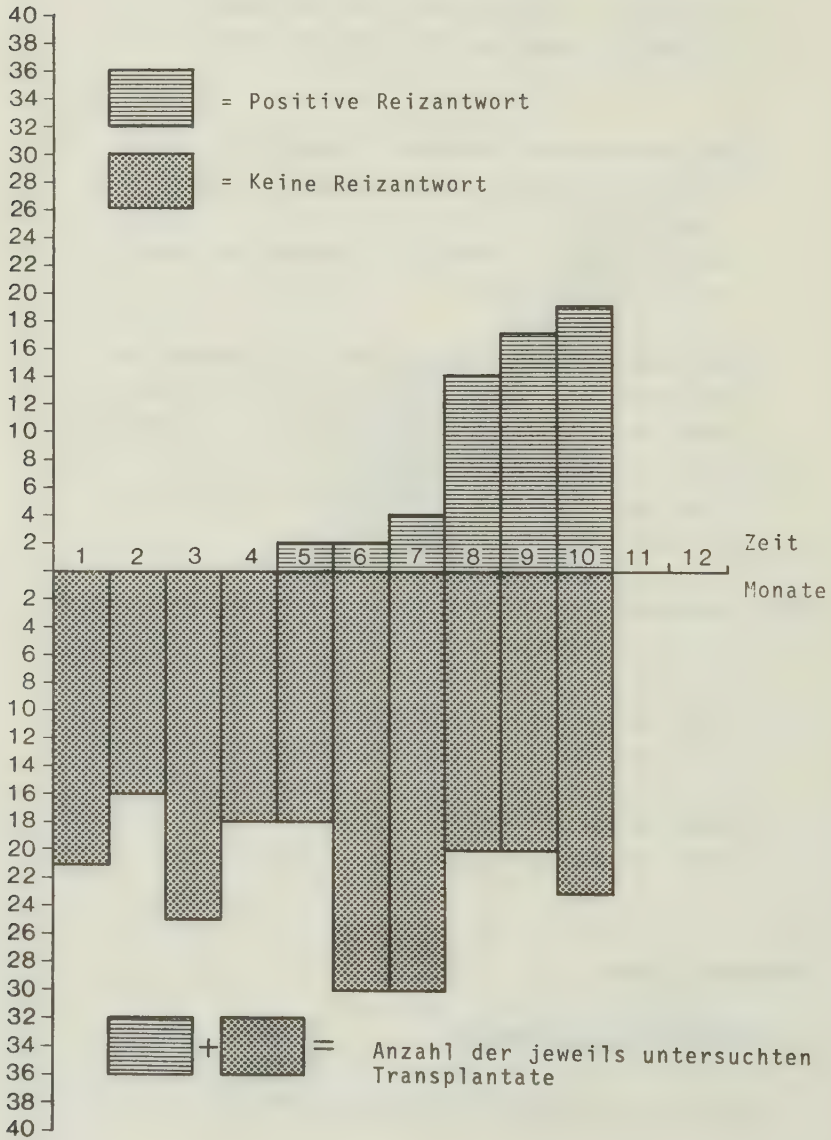
5) Die Reinnervation des Spalthauttransplantates ist nach 10 Monaten noch nicht abgeschlossen.

6) Auch hier: Kein Einfluß des Patientenalters auf die Reinnervation.

Wärmeempfinden

a) Subjektives Empfinden

keine besonderen Reaktionen feststellbar.



Tab. 7: Wärmeempfindung bei Spalthauttransplantaten

b) Objektivierbare Empfindungen (siehe Tabelle 7)

1) Wärmeperception kehrte bei 2 Transplantaten (20 untersuchte Transplantate) zwischen dem 4. und 5. Monat wieder.

2) Die Empfindungen für Wärme entsprechen bei den meisten Patienten der normalen Empfindung.

3) Im Vergleich zur Schmerzempfindung kehrt die Wärmeempfindung verzögert in das Transplantat zurück; nach 10 Monaten zeigten sich in 19 Fällen bei 42 untersuchten Transplantaten positive Ergebnisse.

4) Die Reinnervation ist noch nicht beendet.

Kälteempfindung

a) Subjektives Empfinden

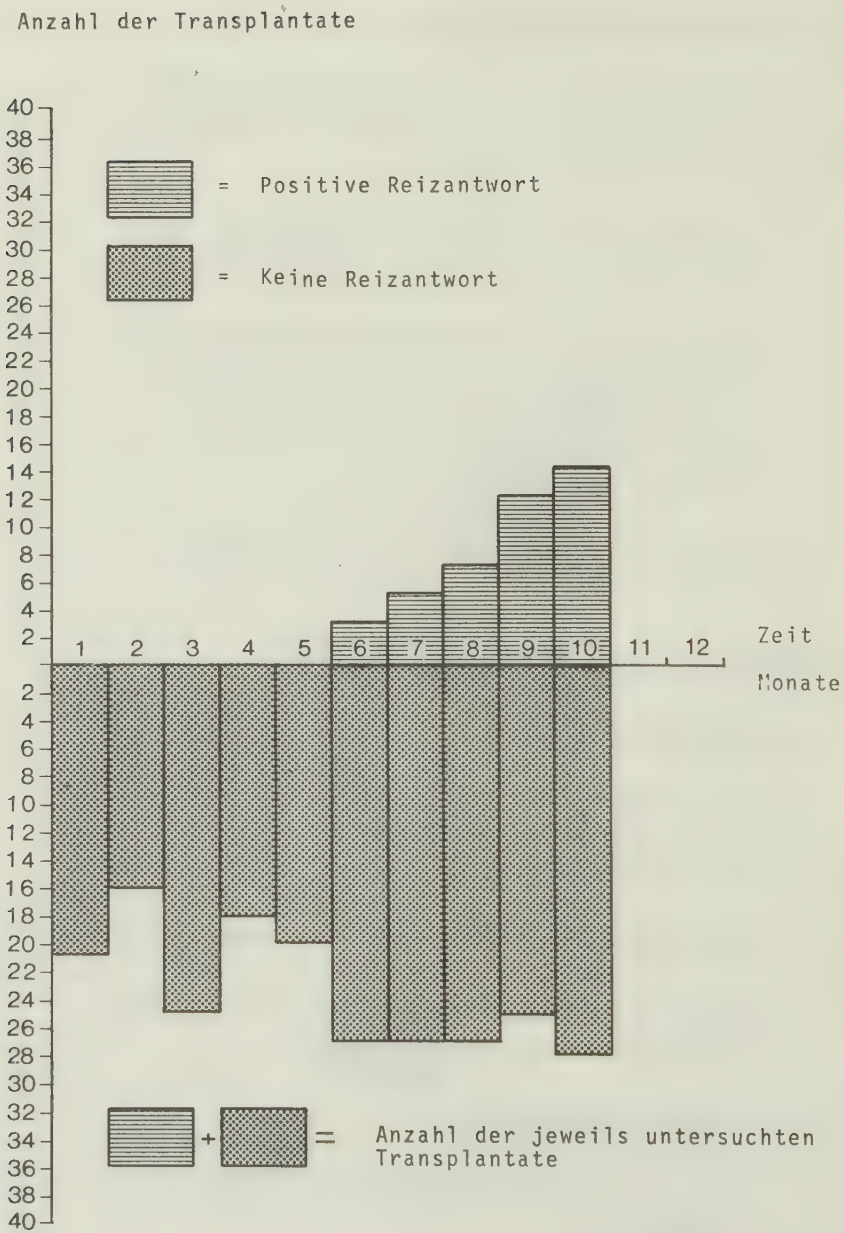
Von der Mehrzahl der Patienten wurde der Kältereiz als normal empfunden. Nur 6 Patienten gaben veränderte Empfindungen an.

2 Patienten nannten überstarkes Kälteempfinden.

4 Patienten nannten abgeschwächtes bis eben noch als "Kälte" erkennbares Empfinden.

b) Objektivierbare Ergebnisse

1) Erste positive Empfindung zwischen dem 5. und 6. Monat.



Tab. 8: Kälteempfindung bei Spalthauttransplantaten

2) Verglichen mit den 3 übrigen getesteten Qualitäten, scheint die Kälteempfindung am langsamsten in das Spalthauttransplantat zurückzukehren.

3) Nach 10 Monaten sind bei 42 überprüften Transplantaten nur 14 mit positiver Kälteempfindung.

2 Transplantate, bei denen praeoperativ eine Röntgenbestrahlung des späteren Transplantatbettes vorgenommen wurde, zeigten selbst nach 10 Monaten nur ganz geringe Sensibilität.

Ergebnisse Test II

Test 2 wurde zusammen mit Test 1 ausgeführt. Die Bezirke positiver Sensibilität der Transplantate wurden jeweils herausgearbeitet und notiert. Da die Schmerzempfindung als erste wiederkehrte, wurden zunächst die Schmerzareale aufgezeichnet und im Laufe der folgenden Untersuchungen durch die übrigen Empfindungen ergänzt. Die Gesamtergebnisse von Vollhauttransplantaten und Spalthauttransplantaten wurden getrennt in Übersichtstabellen zusammengefaßt. Aus beiden Gruppen wurden dann einige besonders anschauliche Beispiele zur genaueren Dokumentation herausgegriffen.

A. Vollhauttransplantate

Die folgende Zusammenstellung zeigt die Lokalisation der Areale beginnender Schmerzempfindung. Dabei wird unterschieden a) marginaler Bezirk
b) zentraler Bezirk
c) kombinierter marginaler und zentraler Bezirk.

Transplantat Nr.	Lokalisation	beginnende Sensibilität		
		a) marg.	b) zentr.	c) komb.
10	Unterlid/Wange			+
9	Nase lat.			+
8	Nase			+
3	Nase		+	
7	Lippenregion			+
11	Oberlid/Stirn			+
13	Nase			+
4	Wange			+
12	Nase			+

Von 9 auswertbaren Transplantaten zeigten 8 Transplantate sowohl marginal als auch zentral in der Flächenausdehnung natürlich verschieden große positive Bezirke.

1 Transplantat zeigte allein zentral gelegene positive Bezirke. Kein Transplantat hatte nur marginal positive Empfindung. In den folgenden Monaten vergrößerten sich diese Bezirke in beliebiger Form, sodaß eine genaue Aufzeichnung nicht möglich war.

Eine strenge Gesetzmäßigkeit

a) bezüglich der Richtung der Reinnervation

b) durch Größenzunahme der positiven Areale

konnte bei den untersuchten Transplantaten nicht festgestellt werden. Auch die übrigen wiederkehrenden sensiblen Qualitäten erstreckten sich in ungeordneter Weise landkartenartig über die jeweiligen Transplantate.

B. Spalthauttransplantate

Auch hier soll die folgende Zusammenstellung zunächst die Lokalisation der Bezirke beginnender positiver Schmerzempfindung zeigen.

Transplantat Nr. (bez. auf Spalthauttransplantat)		Lokalisation	beginnende Sensibilität		
			marginal	zentral	komb.
37		Temporalreg.	+		
36		Temporalreg.			+
35		Temporalreg.			+
34		Temporalreg.			+
33		Temporalreg.	+		
27	R	Wange		+	
38	R	Stirn	-	-	+
24		Wange/Temp.			+
22		Nase/Gesicht			+
28		orbila/Wange		+	
23		Wange			+
25	R	Temporalreg.	-	+	-
15		Temporalreg.			+
13		Stirn	+		
39		Wange			+
40		Wange/Oberlippe			+
16		Kopfhaut			+
7		Nase			+

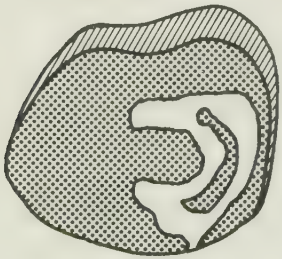
Von 18 auswertbaren Spalthauttransplantaten zeigten:
12 Transplantate sowohl marginal als auch zentral positive Bezirke,
3 Transplantate allein zentral positive und
3 Transplantate allein marginal positive Bezirke.
(Nr. 13, 33, 37)

Die weitere Beobachtung der Transplantate ergab eine Ausbreitung der positiven Areale sowohl marginal als auch zentral mit landkartenartig sich abwechselnden positiven und negativen Bezirken.

1 Transplantat soll zur Demonstration der Mehtode aufgezeigt werden: Transplantat Nr. 13

Patient: weiblich
Alter: 33 Jahre
Diagnose: Basaliom Stirn
Th. Excision eines ca. 2-DM-Stück großen Hautbezirkes. Deckung des Defektes durch Spalthaut.
Verlauf: 10. postoperativer Tag: Entfernung des Überknüpfverbandes. Heilverlauf komplikationsfrei. Das Transplantat wurde nach 3 Monaten getestet; und zeigte keine positiven Antworten auf die spezifischen Reize.
Nach ca. 5 Monaten entstand folgende Skizze:

Schmerzempfindung:



Nach 7 Monaten:
Nach 9 Monaten:
Bis auf wenige Bezirke zeigt das Transplantat positive Schmerzempfindung.

Die Beobachtungen an Vollhauttransplantaten sowie an Spalthauttransplantaten lassen keine Gesetzmäßigkeit in der Ausbreitung der sensiblen Empfangsorgane erkennen. Ebenso wenig kann eine Aussage über die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Sensibilität, gemessen etwa in Längenmaßeinheiten, gemacht werden.

Vielmehr scheint es so zu sein, daß über das gesamte Transplantat hinweg in gleicher Weise positive Bezirke entstehen können mit unterschiedlicher Tendenz der Ausbreitung.

Ergebnisse Test III

Der Versuch mittels klinischer Testmethoden herauszufinden, ob das Innervationsmuster der Spalthauttransplantate dem der Spenderregion oder dem der Empfängerregion entspricht, ist a priori mit einer gewissen Fehlerhaftigkeit behaftet. Dennoch ist die Aussage in ihrer Tendenz sicherlich nicht unbedeutend.

Um möglichst günstige Bedingungen zu haben, mußten gewisse Voraussetzungen an das Transplantat gerichtet werden:

a) Es mußte 1 1/2 Jahre alt sein.
b) Die Spenderkontrollseite mußte gesund, d. h. in normalem Zustand sein.
c) Die Empfängerkontrollseite mußte in entsprechendem Zustand sein.
d) Das Transplantat mußte genügend groß sein (nicht kleiner als 2,5 x 2,5 cm).

Untersucht wurden 9 Transplantate, die nach dem klinischen Aspekt eine gute Einheilung zeigten und grob orientierend von guter Sensibilität waren. Es wurde zunächst die Spenderkontrollseite (kontralaterale Seite) getestet und aus der Zahl der gesetzten Reize und der Zahl der positiven Antworten ein Quotient gebildet, der Quotient S. Danach wurde entsprechend die kontralaterale Empfängerseite (nach PONTEN 1960) (49) getestet und ebenfalls ein Quotient gebildet, der Quotient E.

Jetzt erfolgte das identische Vorgehen auf dem Transplantat. Dieser Quotient sei Q = T genannt.

Getestet wurde jeweils ein Bezirk, der dem oben genannten Stempel entspricht, und in jedes Quadrat wurde ein Reiz der entsprechenden Qualität gegeben. Danach wurden die Quotienten miteinander verglichen und das Transplantatmuster entsprechend zugerechnet.

Die Ergebnisse sind in folgenden Tabellen zusammengestellt:

Tabelle 9

Berührungsreiz

T-Nr.	Relat S/E	Relat T/S	Relat T/E
5	S < E	T < S	T < E
22	S < E	T < S	T < E
3	S < E	T < S	T < E
23	S < E	T > S	T < E
25	S < E	T > S	T < E
24	S < E	T > S	T < E
26	S < E	T < S	T < E
13	S > E	T < S	T > E
14	S < E	T < S	T < E

Tabelle 10

Schmerzreiz

T-Nr.	Relat S/E	Relat T/S	Relat T/E
5	S < E	T < S	T < E
22	S < E	T < S	T < E
3	S < E	T < S	T < E
23	S < E	T > S	T < E
25	S < E	T < S	T < E
24	S < E	T > S	T < E
26	S < E	T < S	T < E
13	S > E	T < S	T > E
14	S < E	T < S	T < E

Tabelle 11

Temperaturreiz
(Wärmereiz)

5	S < E	T < S	T < E
22	S < E	T < S	T < E
3	S < E	T < S	T < E
23	S < E	T < S	T < E
25	S < E	T < S	T < E
24	S < E	T > S	T < E
26	S < E	T < S	T < E
13	S < E	T < S	T < E
14	S < E	T < S	T < E

Die Tabellen 9, 10, 11 zeigen folgendes:

1. In 8 Fällen ist der Quotient S < E, das heißt, das Muster der Berührungspunkte der Empfängerstelle ist dichter als das der Spenderstelle (jeweils Kontralateralbezirke)
   (Schmerz: identisch; Temperatur: in allen 9 Fällen S < E).

2. In einem Fall ist der Quotient S > E, das heißt, die Spenderstelle ist dichter innerviert als die Empfängerstelle.

3. In 6 Fällen zeigt das Transplantat eine geringere Trefferzahl als die Spenderstelle (kontralateral); in 3 Fällen ist das Transplantat besser innerviert als die kontralaterale Spenderstelle
   (Schmerz: 8/1; Temperatur: 8/1).

4. In 8 Fällen hat das Transplantat weniger positive Berührungspunkte als die kontralaterale Empfängerstelle
   (Schmerz: identisch; Temperatur: 9/0).

5. In einem Fall zeigt das Transplantat mehr Treffer als die kontralaterale Empfängerstelle.

Das bedeutet, daß die oben genannten Transplantate in ihrer sensiblen Struktur weder der der Empfängerstelle noch der der Spenderstelle entsprechen. Dazu gilt es zweierlei zu sagen:

1) Entweder ist der Vorgang der Reinnervation bei den über 1 1/2 Jahre "alten" Transplantaten noch immer nicht abgeschlossen oder

2) die Spalthauttransplantate eignen sich ihre individuellen Innervationsmuster an, die unabhängig von dem der Spenderregion sind und auch nicht dem der Empfängerregion entsprechen.

V. KASUISTIK

1. Fall:

H. Ernst 29 J.
Diagnose: Naevus flammeus li. Gesichtshälfte.

1. Operation: 27. 8. 75
Spalthauttransplantat vom re. Oberschenkel
Transpl. 1: li. Wange
Op.: Prof. Schwenzer

2. Operation:
Verkleinerung des Hämangioms der li. Oberlippe
Op.: Prof. Schwenzer

3. Operation: 22. 6. 76
Weitere Naevusexcision und Spalthauttranspl.
im Bereich der li. Oberlippe sowie der li. Nasenseite.
Op.: Prof. Schwenzer

Foto am 19. 11. 76

Transpl. 1:	Berührungsempfindung:		+
	Schmerzempfindung:		+
	Wärmeempfindung:		+
	Kälteempfindung:		+
Transpl. 2:	Berührungsempfindung:	neg.	-
	Schmerzempfindung:	pos.	+
	Wärmeempfindung:	neg.	-
	Kälteempfindung:	neg.	-

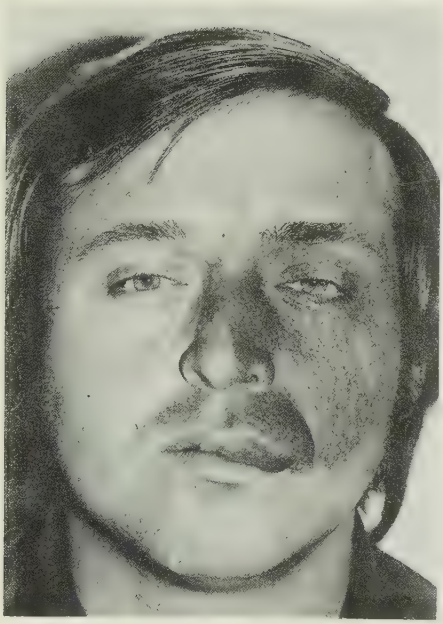


Foto praeoperativ
vom 26. 8. 75

Foto postoperativ
vom 19. 11. 76

2. Fall:

L. Gertrud 71 J.
Diagnose: Keratoakanthom.

Operation: 3. 6. 76
retroaurikuläres Vollhauttransplantat

Sensibilität am 7. 12. 76:

Berührungsempfindung:	+
Schmerzempfindung:	+
Wärmeempfindung:	+
Kälteempfindung:	+

Foto praeoperativ
vom 2. 6. 76

Foto postoperativ
vom 7. 12. 76

3. Fall:

M. Luise 66 J.
Diagnose: Zustand nach Trauma periorbital li.

Operation: 8. 7. 76
Lidplastik mit retroaurikulärem Vollhauttransplantat von retroaurikulär li.
Op.: Prof. Schwenzer

Foto vom 10. 12. 76
Verhalten der Sensibilität:

Berührungsempfindung:	pos.	+
Schmerzempfindung:	pos.	+
Wärmeempfindung:	pos.	+
Kälteempfindung:	neg.	-

Foto praeoperativ
vom 7. 7. 76

Foto postoperativ
vom 10. 12. 76

VI DISKUSSION

Die Sensibilität kehrt im allgemeinen in das freie Hauttransplantat zurück. Das betrifft sowohl das Vollhaut- als auch das Spalthauttransplantat, wenngleich es dabei wesentliche Unterschiede gibt.

Die Aufnahmefähigkeit für sensible Reize beginnt zwischen dem 3. und 4. Monat. Danach vollzieht sich die Reinnervation beim Vollhauttransplantat wesentlich schneller als bei der Spalthaut. Beim Vollhauttransplantat ist die Reinnervation nach 10 Monaten nahezu abgeschlossen, während bei der Spalthaut beispielsweise weniger als 50 % Berührungsempfindung aufweisen. Diese Tatsache erklärt sich durch den Umstand, daß im Vollhauttransplantat wesentlich mehr nervöse Elemente mit verpflanzt werden und somit erhalten bleiben und die Regeneration bei guter Ernährung wesentlich günstiger ist als bei der Spalthaut.

Die Empfindungsqualität ist im 1. Jahr sehr häufig verändert, sodaß z. B. ein Schmerzreiz stark hyperalgetisch empfunden wird. Die Ursache ist in der morphologisch-physiologischen Eigenheit der Schmerzrezeptoren zu suchen.

Die einzelnen sensiblen Qualitäten kehren nicht gleichzeitig und in gleichem Umfang in die Transplantate zurück. Bei beiden Transplantatarten ist die Reihenfolge identisch: Zuerst Schmerzempfindung, dann Berührungs- und Temperaturempfindung, wobei die Kälteempfindung bei Spalthauttransplantaten sehr zögernd wiederkehrt. (Nach 10 Monaten bei 40 Transplantaten nur 14 mit positiver Kälteempfindung)

Die Begründung liegt in der anatomischen Struktur der verschiedenen Endorgane. Die als Schmerzrezeptoren fungierenden freien Nervenendigungen haben vermutlich eine grös-

sere Regenerationskraft und Wachstumsgeschwindigkeit als die komplizierten Rezeptororgane für Kältereize, ganz abgesehen von den sicherlich veränderten Schwellenwerten in den einzelnen Rezeptoren.

Gewisse Begleitaspekte, wie Alter des Patienten, Lage der Empfängerstelle bzw. praeoperative Diagnose, spielen eine untergeordnete Rolle. Allerdings ist bei stark vulneriertem Fransplantatbett (Verbrennung) oder bei röntgenbestrahlter Haut die Reinnervation stark behindert.

Die Aussagen von DAVIS and KITLOWSKI (15), KERNWEIN (34) sowie LÖFGREN (41), die Reinnervation verlaufe streng centripetal, d. h. marginal beginnend zum Zentrum des Transplantates hin, konnten nicht bestätigt werden. Unsere Untersuchung der Transplantate ergab ein gleichmäßiges Auftreten von zentral und marginal gelegenen positiven Empfindungsbezirken, die sich individuell vergrößerten, jedoch keine Gesetzmäßigkeit erkennen ließen. Diese Ergebnisse bestätigten auch die Beobachtungen von ADEYMO and WYBURN (1), die sowohl marginale als auch subdermale Reinnervation beschrieben (NAPIER) (47).

Die unterschiedlichen Ergebnisse haben möglicherweise 2 Ursachen: Einmal die

induktive Arbeitsmethode früherer Autoren, ohne exakte Überprüfung auch der zentralen Transplantatanteile, zum anderen

veränderte, d. h. verbesserte Adaptionstechnik der Transplantate, denn wie

unter II, 4 beschrieben, gilt es nach ZOLTAN, das Entstehen einer mehr oder weniger dicken Granulationsschicht zwischen Transplantat und Transplantatbett zu verhindern,

da diese ein Hindernis für die einwachsenden Nervenfasern bedeutet. Das dichte "Anhaften" des Transplantates gewährleistet sicherlich günstigere Bedingungen für die subdermale Reinnervation des Transplantates. Hierfür wiederum ist eine exakte Verbandstechnik von allergrößter Bedeutung. Nach PONTEN (49) nimmt das Transplantat - unabhängig, ob Vollhaut- oder Spalthauttransplantat - das Innervationsmuster der Empfängerstelle an.

Die bei der gründlichen Untersuchung erhaltenen Ergebnisse bei 9 untersuchten Spalthauttransplantaten - die selbstverständlich keine statistische Aussagekraft besitzen - können dies nicht bestätigen. Vielmehr zeigte sich, daß die Transplantate ein individuelles Innervationsmuster besitzen, das weder identisch ist mit dem der Empfänger- noch mit dem der Spenderstelle.

Wenn das Innervationsmuster des Transplantates mit dem der Spenderstelle identisch wäre, so würde dies eine exakte Verbindung von einwachsenden Nervenelementen aus dem Transplantatbett mit denen im Transplantat verbliebenen voraussetzen. Die alten SCHWANNschen Scheiden müßten jeweils neu benutzt werden. Dies erscheint als sehr unwahrscheinlich.

Durchaus denkbar wäre, daß die Empfängerstelle das Innervationsmuster des Transplantates bestimmt. Eine Voraussetzung hierfür wäre, daß alle die im Transplantatbett unterbrochenen nervösen Elemente im Transplantat funktionsfähig würden (FOLKERTS, SNEEP (19); PONTEN (49)).

Alle vorliegenden Ergebnisse sind mittels klinischer Untersuchungsmethoden gewonnen worden. Eine exakte Antwort auf noch offene Fragen der Reinnervation müßten durch histologische Untersuchungen gegeben werden.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Die Frage der Reinnervation freier Hauttransplantate ist sowohl von großer klinischer als auch theoretischer Bedeutung.
Diese Arbeit sollte Antwort geben auf folgende Fragen:

Findet eine Innervation freier Transplantate statt?

In welcher Art und Weise geschieht dies?

Inwieweit entspricht das Innervationsmuster des Transplantates dem der Empfänger- oder dem der Spenderstelle?

Ferner sollte eine kurze Übersicht über die anatomischen, physiologischen und pathophysiologischen Grundlagen des nervösen Apparates der Haut bzw. der Transplantate gegeben werden.

An Hand von 3 klinischen Testmethoden - die ausführlich erläutert wurden - konnten 62 Hauttransplantate (49 Spalthauttransplantate + 13 Vollhauttransplantate) auf ihr sensibles Verhalten untersucht werden.

Obgleich auf eine statistische Auswertung der Ergebnisse verzichtet werden mußte, da die Anzahl der Fälle pro Methode zu gering ist, lassen sich dennoch folgende Aussagen machen.

Zu Frage 1:

1) Eine Reinnervation der freien Hauttransplantate findet statt.

2) Die sensiblen Qualitäten kehren in bestimmter Reihenfolge in das Transplantat zurück: Zuerst Schmerz, dann Berührungs- und Temperaturempfinden. Wobei Kälteempfinden bei Spalthauttransplantaten relativ langsam wiederkehrt.

3) Der früheste Zeitpunkt für Schmerzempfindung liegt zwischen dem 3. und 4. Monat für beide Transplantatarten.

4) Die Vollhauttransplantate sind nach 10 Monaten nahezu völlig reinnerviert.
Spalthauttransplantate sind noch nicht in diesem Maße reinnerviert.

5) Alter und Transplantatart haben keinen Einfluß auf die Reinnervation - nur tief zerstörte und röntgengeschädigte Transplantatlager verzögern die Reinnervation.

6) Die Qualität der Reinnervation ist in den ersten 10 Monaten verändert.

Zu Frage 2: Die Reinnervation erfolgt sowohl von marginal als auch zentral von subdermal gleichzeitig.

Zu Frage 3: Das Reinnervationsmuster der wenigstens 1 1/2 Jahre alten untersuchten Spalthauttransplantate entspricht weder dem der Spender- noch dem der Empfängerstelle. Es handelt sich um ein individuelles Innervationsmuster.

Der gesamte Komplex bedarf einer histologischen Abklärung.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1 ADEYMO and WYBURN: Innervation of Skin Grafts.
Transpl Bull. 4, 152, 1957

2 ADRIAN und UMRATH: The impulse discharge from
the Pacinian corpuscle.
J. Physiol. (London) 68; S. 139 - 154,
1929/30

3 AITKEN, SHARMANN and YOUNG: zitiert bei HUTCHINSON,
TOUGH and WYBURN
I. Anat. 81, 1, 1947

4 ANDINA: Die freie Hauttransplantation,
Springer Verlag Heidelberg-Hamburg-
New York 1970

5 ARTHUR, R. P. and SHELLEY, W. B.: The innervation
of human epidermis
I. Invest. Dermat. 32: 397, 1959

6 BAZETT, H. G.: Sensation
Arch. Neurol. et Psychiat. 27: 489, 1932

7 BARGMANN: Histologie und histologische Anatomie
des Menschen, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
S. 646, 1967

8 BENNINGHOFF, A. und GOERTTLER, K: Lehrbuch der
Anatomie des Menschen. Urban und
Schwarzenberg München-Berlin 1957

9 BIAIR, V. P. and BROWN, I. B.: The Use and Uses of large split skin grafts on intermediate thickness.
Surg. Lyn. Obstetr. 49, 1929

10 BROWN, I. B. and MC DOWELL, F.: Skin grafting
I. B. Lippencott Company, Philadelphia
1958 z. in PONTEN, B.: Grafted Skin
Acta. chirurg. scand. Suppl 257, 1960

11 CAUNA, N.: Nerve supply and nerve endings in Meissners corpuscles.
Amer. J. Anat. 315 - 350; 1956

12 CONWAY, H.: Principles of Wound Healing with Indications for the Use of the general Types of Skin Grafting.
Surg. Clin. N. Amerika 32, 1; 1952

13 COLT, G. H.: The surgical treatment of the degloved hand.
Brit. J. Surg. 1: 560 (April) 1927

14 DAVIS, I. S.: Skin Transplantation
Bull. John Hopkins Hosp. 15, 1910

15 DAVIS, I. S. et KITLOWSKY, E. A.: Regeneration of Nerves in Skin Grafts and Skin Flaps.
Arch. Neural. et Psychiatr. 29, 1203; 1934

16 DAVIS, L.: The Return of Sensation in transplanted skin.
Ann. Surg. 108, 309; 1938

17 DIJKSTRA, A.: Z. mikr. anat. Forschung 37; 1934
bei HUTCHINSON, TOUGH and WYBURN
Regen. of sensation in grafted skin
Brit. Journal of Plastik Surgery 2;
1949

18 DOERR, W. und QUADBECK: Allgemeine Pathologie
Heidelberger Taschenbücher Bd. 68,
S. 171, 1970

19 FOLKERTS, I. F., SNEEP, A. I. and MEIJLING, H. A.:
A comparative investigation on the
return of sensations to skin grafts.
In: Recent neurological research. Ed.:
Biemond, A. Elsevier Publishing.
Company Amsterdam, 1959

20 FOOTE, E. M.: Transplant in hand after operation
for carcinoma.
Amer. J. Surg. 1: 629, 1918

21 GOHRBANDT, GABKA, BERNDORFER:
Handbuch der plast. Chirurgie
Bd. I, 2. Teil, S. 99, 1972

22 GOHRBANDT: Bedeutung homoiopl. Transplantate
Dtsch. Zeitschrift f. Chir. 273, 451;
1953

23 GUTMANN, E. und SANDERS:
I. Physiol. 101, 489; 1943
zit. bei LÖFGREN, L.
Acta. chir. Scand. 102, 3, 229 - 239;
1951

24 GUTMANN, E.: The reinnervation of muscle by sensory nerve fibres.
I. Anat. 79:1, 1945

25 GUTTMANN, L.: Zur Frage der Wiederherstellung der Schweißdrüsenfunktion in Hauttransplantaten.
Dermat. Zschr. 77:73, 1938

26 HÄUPL, K., MEYER, W. SCHUCHARDT, K.: Die Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Dritter Band, 2. Teil, 1299, 1959

27 HAY: Ultrastructure of Nerves in the epidermis and blastema of regenerating amphibien limbs.
Anat. Rec. 128, 562; 1957

28 HENSEL: Physiologie der Thermoreception
Ergeb. Physiol. 47, 166 - 368; 1952

29 HOEPKE, H.: Neue Befunde über die sensible Innervation der Haut.
Acta. neuroveg. 18: 49; 1958

30 HURLEY, H. I. und SHELLEY, W. B.: Acquired emotional sweating in transplantats.
A. M. A. Arch. Dermat. 75, 815; 1957

31 HUTCHINSON, I., THOUGH, I. S. and WYBURN, G. M.: Regeneration of Sensation in grafted skin.
Brit. Journal of Plastik Surgery
2: 82; 1949

32 HUTCHINSON, I., TOUGH, I. S. and WYBURN, G. M.:
Comparison of the cutaneons sensory pattern of different regions of the body.
Brit. J. Plast. Surg. 1, 131; 1948

33 KADANOFF, D.: Untersuchungen über die Regeneration der sensiblen Nervenverbindungen nach Vertauschung verschieden innervierter Hautstücke.
Arch. f. Entwicklung, mech. d. Org. 106: 249; 1925

34 KERNWEIN, G. A.: Recovery of sensation in Split Thickness Skin Grafts.
A. M. A. Arch. Surg. 56, 4; 1948

35 KREDEL, F. E. und EVANS, I. P.: Recovery of sensation in denervated pedicle and free skin grafts.
A. M. A. Arch. Neurol. u. Psychiat. 29: 1203; 1933

36 KREDEL, F. E. and PHEMISTER, D. B.: Recovery of sympathetic nerve funktion in skin transplants.
A. M. A. Arch. Neurol. u. Psychiat. 42: 403; 1939

37 LEHMANN, W. und JUNGERMANN, E.: Über das Verhalten der Lappensensibilität nach Fernplastik.
Mitt. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chir. 32, 653; 1920

38 LERDA, G.: Sur l'évolution de la sensibilité dans les cicatrices, dans les autoplastics et dans les greffes. Arch. ital. biol. 44, 1; 1905

39 LEXER, E.: Die freien Transplantationen in: Neue dtsch. Chirurgie, Bd. 2 Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1919

40 LIMBERG,A.A.: Halbautomat zur Regelung des Drucks unter dem nach freier Hauttransplantation angelegten Verband. Chirurgija, Moskva 3, 74, 1953

41 LÖFGREN, L.: Recovery of Nervous Funktions in Skin Transplants with Spezial Reference to the Sympathetic Funktions. Acta. chir. Scand. 102, 3, 229 - 239; 1951

42 MAQUIERA, N. O.: In innervated full thickness skin graft to restore Sensibility to fingertips and heels. Plast. Reconstr. Surg. 53, 568 - 575; 1974

43 MARCHAND, F.: Die Prozesse der Wundheilung mit Einschluß der Transplantationen, Deutsche Chirurgie 1901

44 MC CAROLL: The Regeneration of sensation in transplanted skin. Ann. Surg. 108, 309; 1938

45 MC GREGOR, A.: The regeneration of symphatic activity in grafted skin as evidenced by sweating Brit. J. Plast. Surg. 3, 12; 1950

46 MONCRIEF, I. A.: Third Degree Burns of the Dorsum of the Hand.
Am. J. Surg. 96, 535; 1958

47 NAPIER, I. R.: The return of pain sensibility in full thickness skin grafts.
Brain 75; 147; 1952

48 OKUDA, S.: Klinische und experimentelle Untersuchungen über die Transplantation von lebenden Haaren.
Jap. J. Dermat. u. Urol. 46: 135; 1939

49 PONTEN, B.: Grafted Skin.
Acta. chir. Scand. Suppl. 257; 1960

50 RANSON, W. W.: Cutaneonssensations.
Science, 78; 2027, 395; 1933

51 REIN-SCHNEIDER: Physiologie des Menschen
Springer-Verlag-Berlin HD-NY.
15. Aufl. S. 656-671; 1966

52 REES, T. D. und A. L. FLEURY: The Use of Foam Rubber in Prescure Dressings.
Plastic Surg., Baltimore 18, 309 (1956)

53 ROTHMANN, S.: Physiologie and biochemistry of the skin.
The University of Chicago Press.
Chicago 1954

54 SANDERS, F. K. and YOUNG: J. Physiol. 103, 119
zit. bei LÖFGREN, L.
Acta chir. Scand. 102, 3, 229-239; 1951

55 SANVENERO-ROSELLI: Chirurgia plastica della radiodermatiti, Minerva chir. Taino 11, 24, 1231; 1956

56 SCHROEDER, W. E.: Pedicle flaps in injuries of the hand. J. A. M. A. 83, 118; 1900

57 SCHWENZER, N.: Persönliche Mitteilung 1977

58 SMITH, F.: A Rational Management of Skin Grafts. Surg. Lyn. Obstetr. 14, 556, 1926

59 SIMPSON, S. A. and YOUNG, J. L.: Regeneration of fibre diameter after crosumions of viseral adsomatic nerves. J. of Anat. 79; 1945

60 SOUTHWOOD, D. F.: The Thickness of the Skin. Plast. Surgery Baltimore 15, 428; 1955

61 STRANSKY, E.: Wien. Klin. Wu. Schr. 12: 815; 1899

62 VON FREY: Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut. Ber. d. Verband der K. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaft 47, 166, 1895

63 WAGNER, M. und BENJAMIN; ZEIL, W.: Autoplastik cutis vascular grafts. Transpl. Bull. 5, 5; 1958

64 WEDDELL, G.: The anatomy of cutaneous sensibility.
Brit. med. Bull. 3, 167 - 172; 1945

65 WEDDELL, G., PALMER, E. und PALLIE, W.:
Nerve endings in mammalian skin.
Biol. Rev. 30, 159; 1955

66 WEISS and TAYLOR: zit. bei HUTCHINSON und TOUGH.
J. ex Zool. 95, 233

67 ZOLTAN, J.: Die Transplantation des Spalthautlappens.
Medicina, Budapest 1960

68 ZOLTAN, J.: Die Anwendung des Spalthautlappens in der Chirurgie.
Gustav Fischer Verlag, Jena 1962

Lebenslauf

Am 2. 4. 1946 wurde ich, Dieter Riediger, als Sohn des Polizeibeamten Kurt Riediger und seiner Ehefrau Maria, geb. Orth, in Hohenhaslach geboren.

Von 1952 - 56 besuchte ich die Grundschule und von 1956 bis 1961 das Progymnasium Vaihingen/Enz. Von 1961 bis 1963 war ich Schüler des ev. theol. Seminars in Maulbronn, von 1963 - 65 Schüler des ev. theol. Seminars Blaubeuren, wo ich im März 1965 die Reifeprüfung ablegte.

Von 1965 bis Ende 1966 leistete ich meinen Militärdienst bei der Bundeswehr ab.

Von Wintersemester 1966/67 bis Wintersemester 1971/72 studierte ich Medizin an der Universität Heidelberg und schloß am 16. 6. 72 mit dem Staatsexamen ab. Seit September 72 bin ich verheiratet. Die Promotion zum Dr. med. erfolgte im Januar 1973.

Nach Ableisten der Medizinalassistentenzeit erhielt ich am 14. 11. 73 die Approbation als Arzt.

Vom Wintersemester 1972/73 bis zum Sommersemester 1975 studierte ich Zahnmedizin an der Universität Tübingen und schloß am 15. 10. 75 mit dem Staatsexamen ab.

Die Bestallung als Zahnarzt erhielt ich am 28. November 1975. Seit Oktober 1975 bin ich Assistent an der Kiefer- und Gesichtschirurgischen Abteilung der Universität Tübingen.